

I. Ueber die physikalischen Eigenschaften des Eises
und deren Zusammenhang mit den vorzüglichsten
Phänomenen der Gletscher;
von Hermann Schlagintweit.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem nächstens bei J. A. Barth in Leipzig erscheinenden Werke: *Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen*, von Hermann und Adolph Schlagintweit.)

Die Untersuchungen von Saussure und besonders die großen Reihen ausgedehnter Beobachtungen, welche in neuerer Zeit angestellt wurden, haben uns an den Gletschern mit einem unerwarteten Reichthum mannigfaltiger Erscheinungen bekannt gemacht. Wir dürfen dem Studium derselben wohl ein ganz allgemeines Interesse beilegen; es kann als ein Beitrag zur Monographie des Eises betrachtet werden, indem es uns die Eigenschaften dieses verbreiteten Körpers in großen und kleinen Massen und unter den verschiedensten äußeren Umständen erkennen läßt ¹⁾.

- 1) Ich theile hier die größeren Arbeiten in chronologischer Ordnung mit. Simmler, *Valesiae et Alpium descriptio*. Lugd. Bat. 1632. — Scheuchzer, *Itinera alpina*. Lugd. Bat. — Gruner, die Eisgebirge des Schweizerlandes. Bern 1760. 3 Bde. 8°. (Diese drei sind ältere topographische Werke) — Saussure, *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel 1779—1796. 4 Bde. 4°. — Hugi, naturhistorische Alpenreisen. 1830. 8°. — Agassiz, *Etudes sur les glaciers*. Neuchâtel 1840. 8°. Uebersetzt unter dem Titel: Untersuchungen über die Gletscher. — Martins, *Observations sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la Suisse et de la Norvège*. Bibl. univ. de Genève 1840, Tome 28, p. 139. *Bullet. de la Soc. géol. de la Fr.* XI. p. 282. — Charpentier, *Essai sur les glaciers et le terrain erratique de la vallée du Rhône* 1841. 8°. — Hugi, über das Wesen der Gletscher und Winterreise in das Eismeer 1842. 8°. — Forbes, *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the pennine chain with observations on the phenomena of glaciers*. Edinb. 1843. 8°. Uebersetzt von G. Leonhard. *Second edition*

In der vorliegenden Abhandlung werde ich von den Erscheinungen an Gletschern vorzüglich jene berühren, welche mit den physikalischen Eigenschaften des Eises in unmittelbarem Zusammenhange stehen.

Die Formen des zerfallenden Eises.

An allen der Atmosphäre ausgesetzten Theilen zerfällt das Gletschereis in einzelne Körner. Trennen wir ein größeres Stück Eis aus dem Gletscher nahe der Oberfläche, so wird es uns leicht, dasselbe in einzelne Theile zu zerlegen, die sich sogleich an ihren abgerundeten Flächen als Individuen, sehr verschieden von Bruchstücken, erkennen lassen.

Die Körner hängen ohne alles Bindemittel lose zusammen, sie sind durch kleine Zwischenräume getrennt, die bald mit Luft, bald mit Wasser erfüllt sind, wobei ihre Unebenheiten gelenkartig in einander eingreifen. Sie zeigen daher immer eine gewisse Verschiebbarkeit. Die Spitze eines Stockes in die Oberfläche eingedrückt, läßt sich dort leicht bewegen; zugleich ist dabei ein eigenthümliches Knarren des Eises hörbar. Ihre Größe ist sehr wechselnd. In den oberen Gletschertheilen, in der Nähe der Firnmeere, sind sie am kleinsten; ihr Volumen beträgt dort selten mehr als einen Cubikcentimeter. Ein Beispiel dafür ist *a* der Fig. 1; die Körner sind von jener Stelle, wo die Pasterze

Fig. 1.



Gletscherkörner; *a*. Pasterze; *b* und *c*. Vernagt. $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

1845 und viele Abhandlungen in James, Edinb. Journ. — Agassiz, Guyot et Desor, *Système glaciaire ou recherches sur les glaciers, leur mécanisme, leur ancienne extension et le rôle qu'ils ont joué dans l'histoire de la terre. 1^{re} partie: Nouvelles études et expé-*

als Gletscher zuerst vom Firne sich unterscheiden läßt. Je weiter wir aber dem Ende des Gletschers uns nähern, desto größer werden sie. Die bedeutendsten, die uns vorkamen, beobachteten wir am See der Pasterze und an jenen losgerissenen Eisblöcken, welche der Ausbruch eines Gletschersees im Oetzthale mehr als eine halbe Meile von ihrem früheren Standorte entfernt hatte. Auf diese beiden Punkte beziehen sich die Körner *b* und *c* der vorhergehenden Figur. Der körperliche Inhalt dieser war im Maximum 6 bis 8 Cubikcentimeter¹⁾.

Diese Körnerstructur ist zwar nirgends deutlicher als an Gletschern, dort wurde sie auch zuerst erkannt; allein ich glaube ganz sicher gefunden zu haben, daß sie auch an jedem anderen Eise unter günstigen Umständen auftritt. Ich weiß wohl, daß diese Ansicht mit jener von anderen Beobachtern nicht übereinstimmt, welche eine absolute Verschiedenheit zwischen Gletscher- und Wassereis annehmen²⁾. Allein schon 1829 haben Alexander von Humboldt und Gustav Rose auf ihrer Reise nach Rußland ähnliche Formen bemerkt³⁾. Auch Schmidt in Jena⁴⁾ beobachtete die Absonderung des Eises in stänglichen Fragmenten, während Alexander Petzhold⁵⁾ nach eigenen Versuchen in Gittersee bei Dresden auf die Analogie der Formen des Gletscher- und Wassereises zuerst hingewiesen hat.

riences sur les glaciers actuels et leur action physique sur le sol
par Louis Agassiz. Paris 1847. 8°. — Ein ausführlicheres Verzeichniß aller einzelnen Abhandlungen findet sich Agassiz Syst. pag. XIII — XXXI.

- 1) Diese Größen wurden dadurch bestimmt, daß die unmittelbaren Gypsmodelle derselben (siehe Seite 180) in wassergefüllte calibrierte Röhren gebracht wurden, und so das verdrängte Wasser unmittelbar abgelesen werden konnte.
- 2) Vergl. Agassiz, Syst. S. 150 Anmerk.
- 3) G. Rose mineralogisch geognostische Reise nach Rußland etc. Bd. I. Seite 13.
- 4) Poggendorff's Ann. 1842, Bd. 55, S. 472 — 476.
- 5) Beiträge zur Geognosie von Tyrol. Leipzig 1843.

Für uns war vor allem ein ausführliches Vergleichen nothwendig. Wir benutzten zum Studium dieser Formen zwei stehende Gewässer in der Nähe von München: die Kanäle in Nymphenburg und den künstlich angelegten See des englischen Gartens. Wir mußten sogleich die großen Schwierigkeiten kennen lernen, welche sich uns entgegenstellten, wenn wir die Formen und Structurverhältnisse des Gletscher- und Wassereises vergleichen wollten. Die bloße Anschauung kann nicht genügen, besonders wenn sie abhängig von den einzelnen Jahreszeiten durch so lange Zwischenräume getrennt ist; überdies ist das Eis durch seine Durchsichtigkeit für das Erkennen feinerer Einzelheiten und durch sein stetes Schmelzen für eine andauernde Untersuchung und ausgeführte Zeichnung sehr ungeeignet.

Es mußte daher sehr wichtig seyn, naturgetreue und bleibende Copien solcher Formen zu erhalten, was ich durch folgende Methode zu erreichen suchte. Aus Wachs und Terpentin wurde eine sehr weiche, für die geringsten Eindrücke empfindliche Mischung zusammengesetzt, durch welche ich mir Abdrücke vom Eise verschaffte. Um durch die etwa höhere Temperatur des Cerates nichts von den feineren Formen zu zerstören, gebrauchte ich die Vorsicht, dasselbe vorher durch Umgeben mit Schnee und Eis auf beinahe 0° abzukühlen. Von den so erhaltenen negativen Bildern wurde an Ort und Stelle ein Abguß aus feinem Gypse gemacht (Königsgyps)¹⁾, dessen Feinkörnigkeit für die Schärfe der Copien nichts zu wünschen übrig läßt.

Für Gletscherkörner und ähnliche Formen des Wassereises, bei denen mehr als eine Oberfläche zu erhalten war, unterstützte die Schmelzbarkeit des Originals die Genauigkeit des Abdruckes ungemein. Ich hüllte ein solches Stück rasch in das abgekühlte Wachs, welches fest angepresst wurde, und ließ es nun liegen bis sein Inhalt in Wasser verwandelt war. Durch dieselbe kleine Oeffnung, durch welche

1) Diese feine Sorte ist leider nur in größeren Städten zu finden; wir waren daher gezwungen, jedesmal davon in die Alpen einen kleinen Vorrath mitzunehmen.

das Wasser entleert wurde, goß ich den Gyps ein und vermied so das unangenehme Aufschneiden der Patrone, was so leicht eine Verzerrung des Bildes zur Folge hat ¹⁾. Ich erhielt nach und nach eine Reihe von 76 verschiedenen Eisformen, theils Gletscher-, theils Wassereis, die nun unmittelbar neben einander gehalten, die Beurtheilung ihrer charakteristischen Einzelheiten ungemein erleichterten. Ich wählte aus denselben jene Formen, welche ich für die am meisten charakteristischen hielt, und habe sie auf der Tafel I. vereinigt. Dieselben wurden absichtlich nach diesen Gypsen und nicht nach der Natur entworfen, weil sich so eine weit grössere Genauigkeit und Sorgfalt der Ausführung erreichen liefs.

Die ersten Spaltenanlagen sehen wir dort an den verschiedenen Gegenständen dargestellt. No. 1 ist die Oberfläche eines Eisblockes der im Februar 1847 unter Schnee und kleinerem Eise gelegen hatte; No. 2 der Abdruck der Wand einer Gletscherspalte, nahe dem Firnmeere und No. 3 ist wieder Wassereis. Das letztere bildete einen leicht convexen Ueberzug von $1\frac{1}{2}$ Centimeter Dicke über einen Stein in der Höhle des Marcellgletschers. Es war durch die öftere Bespülung des Gletscherbaches entstanden. Ueberall erstreckten sich feine Risse von dem Netze der Oberfläche auch in die Tiefe; No. 3 das dünnste Stück zerfiel bei der Berührung in einzelne prismatische Fragmente. Diese Risse sind es, welche am Gletscher als Haarspalten bekannt sind; sie finden sich jedoch am Wassereise ebenso gut, die von ihnen eingeschlossenen Theile sind aber noch nicht das, was wir am Gletschereise Körner nennen wollen; die Haarspalten unterscheiden sich durch ihre geringe Weite sehr wesentlich von den Räumen, welche gewöhnlich die Gletscherkörner trennen. Da sie jedoch, wie wir sehen werden, den letzteren vorhergehen und sie bedingen, so müssen wir schon jetzt ihre Entstehung betrachten.

- 1) Zur besseren Erhaltung wurden die Modelle mit heißem Stearin überzogen, und so lange erwärmt, bis dieser Ueberzug eingedrungen war. Sie wurden dadurch fester und erlaubten auch das Eintauchen in Wasser.

Befindet sich Eis in einer Temperatur von 0° , und folgt darauf eine bedeutende Erniedrigung, so zieht es sich zusammen ¹⁾; und es ist für die folgenden Betrachtungen nicht unwichtig, daß diese Volumenveränderung größer ist, als sie bei irgend einem anderen festen Körper beobachtet wurde.

Die lineare Ausdehnung beträgt für 1° C. $= 0,0000375 = \frac{3}{8000}$).

Bei einem langsamen Erkalten bleibt die Zusammenziehung allerdings gleichmäßig; allein ist der Temperaturwechsel ein schnellerer, so wird das Eis bei einiger Dicke sich an allen Oberflächen rascher zusammenziehen als im Inneren und daher Risse erhalten, welche sich an der Oberfläche zu einem unregelmäßigen Netze vereinen.

Als Unterstützung für die Annahme, daß die Haarspalten durch Temperaturdifferenzen entstehen, darf auch die Richtung derselben angeführt werden. Sie gehen nämlich jedesmal von jener Oberfläche, welche der Kälte ausgesetzt ist, rechtwinklich gegen das Innere, und zwar so regelmäßig, daß sie, wenn die des Eises ein Cylinder ist, radienförmig gegen die Axe desselben convergiren, und denselben in keilförmige Stücke zerfallen machen. Um mich zu überzeugen, daß die Richtung der Spalten von der ur-

- 1) C. Brunner in Poggendorff's Ann. 1845. Bd. 64. S. 115. *Annales de chimie et de physique* t. XIV. S. 378 und Struve, *Bull. Acad. St. Petersb.* 1845. t. IV. S. 170. Poggendorff's Ann. 1845. Bd. 66, S. 298.

Struve fand die Ausdehnung des Eises noch größer, nämlich $0,000052$ für 1° C.

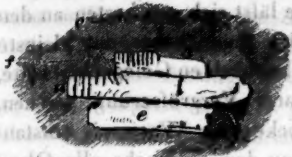
- 2) Zur Vergleichung mögen folgende Ausdehnungskoeffizienten dienen:

Zink gehämmert	$= 0,0000311 = \frac{1}{32200}$	Smeaton.
Blei	$= 0,0000288 = \frac{1}{34600}$	Ellicot.
Kalkspath (nach der Häuptaxe)	$= 0,0000286 = \frac{1}{34900}$	Mitscherlich.
Zinn	$= 0,0000248 = \frac{1}{40300}$	Smeaton.
Silber	$= 0,0000208 = \frac{1}{48000}$	Troughton.
Messing (gegossen)	$= 0,0000188 = \frac{1}{53300}$	Lavoisier.
Eisen	$= 0,0000119 = \frac{1}{83800}$	Berthollet.
Glasstab	$= 0,0000081 = \frac{1}{123760}$	Roy.

(Nach Baumgartners Supplementband Seite 919 + 922.)

springlichen Lage, in welcher das Eis sich bildete, ganz

Fig. 2. unabhängig ist, brachte ich eine Eisplatte in eine solche Stellung, daß ein Theil derselben *a* der Fig. 2, frei war, während ihr zweites Ende vom anderen Eise umgeben wurde. Obgleich die Kanäle im freien Theile ganz regelmässig ver-



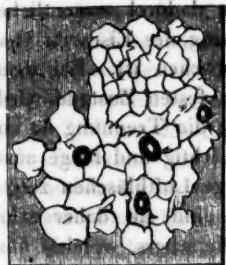
Stellung der Kanäle in horizontalen Platten.

liefen, zeigten sie gegen *c* bedeutende Verkrümmungen, dadurch bedingt, daß die Kälte von den Platten *d* und *e* nicht so gut zugeführt wurde als von der Atmosphäre. Auch an den Ecken, wie bei der Platte *d*, sehen wir nicht selten Unregelmässigkeiten, in diesem Falle von dem Einflusse der Fläche *f* herrührend.

Bei grosser Kälte dürfen wir nach diesen Voraussetzungen erwarten, daß die Spalten häufiger sind, sich näher stehen, also an der Oberfläche ein engeres Netz bilden. Dies ist in der That der Fall, und dehnt sich so weit aus, daß unter solchen Umständen das Eis in kleinere Stücke zerfällt, als bei geringeren Extremen der Temperatur.

Man könnte vielleicht die Anlage des Spaltennetzes wenigstens an der Oberfläche nicht der Kälte, sondern gerade dem entgegengesetzten Umstande, dem Schmelzen in der Wärme zuschreiben, wenn man bedenkt, daß das zu

Fig. 3. untersuchende Eis nicht ein einziges



Erste Anlage d. Spaltennetzes durch die Loupe gesehen.

Krystallindividuum ist, sondern aus vielen einzelnen besteht, wobei die grösseren vielleicht langsamer schmelzen als die kleineren. Es wäre dann diese Erscheinung jener nicht unähnlich, daß die Oberflächen von Metallplatten von Säuren nicht gleichmässig angegriffen werden, sondern mannigfache Vertiefungen und Erhöhungen erhalten. Allein dieser Ansicht widerspricht die Fortsetzung

rechtwinkliger Risse in die Tiefe, die daraus nicht erklärt werden können, und die völlige Ordnungslosigkeit der Netze an der Oberfläche. Das letztere läßt sich am besten an den ersten Anfängen beurtheilen; ich theile daher das kleinste Spaltennetz mit, welches ich zu beobachten Gelegenheit hatte, Es ist unter achtmaliger linearer Vergrößerung gesehen, und war an einem dicken Blocke von Wassereis entstanden. An demselben waren vor dem Versuche alle Oberflächen dadurch erneuert worden, daß wir ihn in einem Zimmer von $+16^{\circ}$ C. bedeutend abschmelzen ließen; er wurde dann während einer Nacht ins Freie gebracht, bei welcher die Temperatur auf -11° C. sank; ich glaube nicht, daß sich in diesen Linien irgend eine Regelmäßigkeit erkennen läßt, die auf Zusammenhang mit Krystallformen hindeutete. (Die runden, dunkel eingefassten Körper waren eingeschlossene Luftblasen).

Bei einer Abhängigkeit von den letzteren liefse sich auch erwarten, daß Eis unter dem Mikroskope langsam schmelzend den Umriss seiner Ränder ungleich veränderte, und einzelne Ecken oder Kanten sich bildeten; allein dies findet nicht statt, sondern das Abschmelzen ist auch bei starker Vergrößerung ein ganz gleichmäßiges.

Wir betrachteten bisher das Eis als eine ganz gleichartige Masse, welche sich unter dem Einflusse der Kälte spaltete; allein dies können wir nur, so lange wir ihre Anlage nahe den Oberflächen betrachten. Bei dem weiteren Eindringen erleiden diese Spalten dadurch wesentliche Veränderungen, daß der Zusammenhang des Eises an vielen Stellen durch Luftblasen unterbrochen ist. Bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand wird die vom Wasser absorbirte Luft frei; die Trennung ist so vollkommen, daß selbst Eis aus vorsichtig und lange ausgekochtem Wasser noch immer einige Luftbläschen zeigt. Schon im gewöhnlichen Wassereise sind sie daher sehr zahlreich, noch mehr in jenem des Gletschers, welches aus Firnkörnern und infiltrirtem Wasser entstanden ist.

Diese Luftblasen wirken auf die Spalten in doppelter

Beziehung modificirend ein. Sie bestimmen den Ort ihrer Entstehung und theilweise auch ihre Richtung, indem gerade an jenen Stellen die Zerklüftung am leichtesten eintritt, wo der gleichartige Zusammenhang der Massen unterbrochen ist. Analoge Fälle finden sich außer dem Eise an allen Körpern, z. B. an gegossenen Metallen, die Luftblasen eingeschlossen haben, an Glas, Porcellan u. s. w. Es werden demnach bei fortgesetzter Zerklüftung vor allem die Blasen nach verschiedenen Richtungen unter sich verbunden, und diesem Umstande ist es vorzüglich zuzuschreiben, daß das Eis des Gletschers sich nicht nur in längliche, sondern auch fast cubische Stücke trennt.

Ein zweiter Einfluß der Luftblasen auf die Haarspalten besteht in der Veränderung ihrer Form. Sobald eine Haarspalte in eine Luftblase mündet, trifft sie an dieser Stelle eine bedeutende Erweiterung. Eindringendes Schmelzwasser und die gegenseitige Communication mehrerer Luftblasen durch Haarspalten machen, daß bald kleine „Kanäle“ entstehen, die in ihrer Form von den Haarspalten abweichen; sie nehmen vielmehr die Gestalt von vielen Kugeln an, die durch einen hohlen Cylinder zu einem gemeinschaftlichen, nicht vollkommen gleichartigen Ganzen verbunden sind. Am deutlichsten sieht man dies an No. 4. der Taf. I.

Es ist das vorliegende Stück der Durchschnitt einer Reihe solcher Kanäle, wie wir sie am Wassereise an einer Stelle bemerkten, wo gerade viele derselben in einer Ebene lagen. Die letztere stand senkrecht auf der horizontalen Oberfläche der Eisdecke. Wenn solche Kanäle durch Aussaugen des Wassers an einem ausgehauenen Stücke mit Luft erfüllt werden, so erscheinen sie besonders bei jener Stellung des Eises sehr deutlich, in welcher eine totale Reflexion des Lichtes stattfindet. Gewöhnlich verschwinden sie unter der Einwirkung zu großer Wärme beinahe unmittelbar nach ihrem Entstehen, und machen sich nur durch ihren Einfluß auf die Bildung der Kanäle bemerkbar.

Wenn solche Kanäle in geringer Entfernung sich be-

finden, so verschmelzen sie seitlich, und isoliren nach und nach einzelne Stücke Eises. Dieses tritt vor allem am Gletscher ein, der so reich an Luftblasen ist, daher auch dort die Gletscherkörner so besonders deutlich entwickelt sind. Uebrigens liefert auch Wassereis ganz analoge Formen, wie uns die Vergleichung von No. 5 und 6 Taf. I. zeigt. Die Kanäle stehen dabei in einzelnen dichteren Gruppen gesondert, anfangs bilden sie unregelmässig cylindrische Röhren, deren trennende Wände aber immer mehr verschmelzen und zuletzt nur noch dünne Kanten und Ecken übrig lassen, welche den Körnern eine rauhe Oberfläche ähnlich einer Feile geben. No. 6 Taf. I. ist von Wassereis; die feilenartige Rauheit der Oberfläche sehen wir besonders schön an No. 7.

Die Bildung von Rissen geht der Anlage von Kanälen stets voraus und bedingt sie; allein das schöne, feine Spaltennetz der Oberfläche, wie wir es in den Abdrücken 1—3 Taf. I. kennen lernten, wird nicht immer so deutlich sichtbar; die grösste Anhäufung der Spalten beschränkt sich zunächst auf die Oberfläche; wird diese Schicht durch Schmelzen entfernt, so bleiben zuletzt nur Kanäle übrig, aus einzelnen in die Tiefe sich fortsetzenden Rissen entstanden. Diefs ist die Ursache davon, dass wir in den einzelnen deutlich isolirenden Gletscherkörnern nur selten Haarspalten bemerken; an Eise, welches vor Schmelzen weniger geschützt ist, treten nur die Kanäle auf; ein Beispiel dafür sehen wir an No. 6 Taf. I.¹⁾

Da grössere Kanäle den Eintritt der Luft und die Erwärmung des Wassers etwas über 0° sehr erleichtern, so geschieht es, dass sie jetzt selbst theilweise zerstörend einwirken. Daher werden die Theile, die zwischen den Mündungen der Kanäle liegen, stets ein wenig convex. An manchen Stellen des Gletschers verbindet sich mit der Kälte auch der Zug der Masse thalabwärts, um die Spaltenbil-

1) Das Original wurde im März 1847 im Freien beobachtet; die Eismassen, die während des Sommers in Kellern aufbewahrt werden, zeigen ganz dasselbe.

zung an einzelnen Theilen besonders häufig zu machen; auch diese Gruppen von Spalten setzen sich mit Luftblasen in Verbindung und werden so zu Kanälen, die das Eis in großen Massen und in sehr bestimmten Richtungen durchziehen. Dabei ist die ursprünglich eingeschlossene Luft durch Wasser ersetzt; das Eis erhält dadurch an diesen Stellen eine weit größere Durchsichtigkeit und erscheint blau gegenüber dem blasenreicheren, weissen ¹⁾).

Die Gröfse der Fragmente, in welche das Wassereis zerfällt, ist an diesem wie am Gletscher sehr wechselnd. An Platten, welche dick genug sind, die ganze Reihenfolge der Erscheinungen zu zeigen, bemerken wir, dafs die ersten prismatischen Körper, in die es zunächst der Oberfläche zerfällt, kleiner sind als die später entstehenden; ein Vorgang, der jenem sehr ähnlich ist, dafs die Gletscherkörner an den oberen Parthien kleiner sind als nahe dem Gletscherende.

Für den Gletscher hat man die Erklärung der wechselnden Gröfse auf verschiedene Weise versucht. Zuerst ging man von den Formen des Firnes aus, denn auch bei diesem bemerkt man, dafs die Gröfse seiner Körner mit dem Alter zunimmt. Dort wird die Vergröfserung dadurch herbeigeführt, dafs durch die Befeuchtung des einzelnen Kornes mit dem Schmelzwasser concentrische Schichten um dasselbe sich ablagern. Man kann sich davon sehr deutlich an den Schneemassen überzeugen, die auch in den Ebenen an beschatteten Stellen sehr lange sich erhalten. Am schönsten fanden wir eine solche Bildung in einem großen Gefäfse voll Schnee, den wir in München im Freien, aber an der Nordseite eines Hauses vor directer Besonnung geschützt, im Jahre 1847 vom Januar bis Mitte März aufbewahren konnten; es wurde dabei nur die Vorsicht gebraucht, den Boden des Gefäßes an mehreren Stellen

1) Diese blauen Bänder sind für die Struktur des Gletschers durch ihre Vertheilung und ihre Neigung sehr charakteristisch; der Gegenstand dieser Abhandlung erlaubt nicht, sie in ihrem Zusammenhange mit den allgemeineren Erscheinungen des Gletschers näher zu untersuchen.

zu durchlöchern; wir verschafften auf diese Weise dem zu reichlichen Schmelzwasser einen beständigen Abfluss. Da noch häufige Nachfröste eintraten, erlangten die Schneekörner eine Dicke von $\frac{1}{2}$ —1 Millimeter.

Es war sehr natürlich, daß diese Vorgänge, welche man in der Natur vielfach beobachten kann, anfangs auch auf die Bildung der Gletscherkörner angewendet wurden. Allein schon eine theoretische Betrachtung aller Nebenumstände läßt die Unwahrscheinlichkeit dieses Vorganges erkennen. Denn würden sich diese concentrischen Eisschichten bilden, so müßten die Kanäle in jeder Nacht sich schliessen, in welcher die Temperatur bedeutend unter 0° sinkt, was in diesen Höhen nicht selten ist. Allein gegen das Schliessen derselben, selbst in der Nähe der Oberfläche, sprechen die Infiltrationsversuche, welche wir später ausführlicher behandeln werden ¹⁾.

Ich glaube, daß die Ursache des Größerwerdens der Gletscherkörner dieselbe ist, welche auch das Wassereis nach und nach in größere Fragmente zerfallen macht. Wesentlich ist dabei der Grad der Kälte und ihr Eindringen in das Innere. Am Wassereise sind deshalb die kleinsten Fragmente in der Nähe der Oberfläche und bei noch nicht starker Kälte bemerkbar; ins Innere setzen sich die Risse weit weniger zahlreich fort, daher treten auch dort die Kanäle mehr vereinzelt auf, die Stücke werden größer, wenn die erste Schicht entfernt ist. Am Gletscher ist die größte Kälte an den höchsten Theilen, in der Nähe der Firnmeere, daher dort auch das feinkörnigste Zerfallen. Das Eis bewegt sich zwar nach abwärts, und ein Stück, welches wir jetzt am Gletscherende in große Körner zerfallend beobachten, hat vor einer langen Periode ebenfalls unter der Firnlinie sich befunden; allein der Temperatur dieser Höhen war es damals nicht ausgesetzt, da es wegen des großen jährlichen Abschmelzens früher sich tief unter der Oberfläche befunden haben mußte. Am Ende

1) Hugi schreibt die Vergrößerung der Körner der Absorption von Gasen aus der Atmosphäre zu. VVesen der Gletscher. S. 9.

jedes Winters liefse sich demnach eine stärkere Zerklüftung in der Nähe der Oberfläche an jedem Theile des Gletschers erwarten; allein diese Schicht verschwindet bald; und was wir im Sommer beobachten, ist davon abhängig, wie tief die Intensität der Kälte ins Innere eingedrungen, wie dicht gedrängt die Risse sich noch einige Meter ¹⁾ unter der Oberfläche während des Winters verbreiteten. Es läßt sich erwarten, daß dies am Gletscher um so weniger der Fall war, je mehr wir uns seinen tiefer gelegenen Theilen, seinem Ende nähern; das Zerfallen in allmählig größere Körner spricht ebenfalls entschieden dafür.

In günstigen Fällen haben wir sogar einen Beweis, der noch directer unsere Voraussetzung unterstützt. Es geschieht nicht selten, daß von secundären Gletschern, die nahe einem Felsenabhange sich befinden, Stücke abbrechen und auf einen tiefer gelegenen primären Gletscher hinabfallen. Es werden dabei die innersten, ganz compacten Eismassen hinabgerissen; tritt dies noch vor dem Ende des Winters ein, in der Zeit also, in welcher dieses Stück dieselben Einwirkungen der Kälte erfährt, wie jene Stelle des Gletschers, auf welche es fällt: so trennt es sich in Fragmente von derselben Gröfse wie seine Unterlage, während es in der früheren Lage in weit kleinere Stücke zerfallen wäre. Und doch haben diese Massen in wenigen Sekunden eine verticale Höhe zurückgelegt, zu der sie als Theile eines regelmäßigen Gletschers eben so viele Decennien gebraucht haben würden. Auch Wassereis müßte nach dieser Ansicht, auf den Gletscher gebracht, genau in dieselben Massen zerfallen wie dieser. Es findet sich solches auf jedem Gletscher von selbst, und bietet ungemein belehrende Formen. Wenn eine Spalte mit Wasser erfüllt ist, so setzen sich an die Wände derselben Schichten von Wassereis an und schliessen sie allmählig mit einem soliden Pfropfe von Eis. Auch dieses zerfällt in Körner, die sich einzeln von jenen der Umgebung in nichts unterscheiden lassen; nur die ge-

1) Ueber die genauen Angaben des sommerlichen Abschmelzens des Gletschers siehe Cap. VII.

ringere Menge von Luftblasen macht, daß sich eine solche Stelle sehr deutlich durch eine mehr lichtblaue Farbe auszeichnet. In Folge der schalenförmigen Ablagerung des Eises bei seinem Entstehen sind auch die Körner im Großen ähnlich gelagert, ohne deswegen in ihren individuellen Formen im Mindesten beeinträchtigt zu seyn. Es wird Jedermann zugestehen, daß das in diesen wassererfüllten Spalten gebildete Eis mit dem Gletschereise nicht mehr zusammenhängt als jenes, welches gefrorenes Wasser in einem Gefäße liefert.

Schmilzt Eis in größeren Massen, so bleibt seine Oberfläche nicht glatt oder gleichförmig, sondern erleidet bedeutende Veränderungen, die sich in zwei Gruppen bringen lassen. Die eine derselben sind die muldenförmigen Flächen an verticalen Eiswänden und an den Decken der Höhlen, die andere die kleineren Unebenheiten des Eises.

Die ersten bemerkt man besonders schön an Spaltenwänden, und an solchen Stellen in der Nähe der Ufer, wo Stücke des Gletschers abbrachen und freie verticale Wände zurückließen. Auch an Spalten im Firne, und an jähem Aufsenseiten angehäufter Schneemassen sind sie sehr deutlich. Sie lassen sich ihrer Form nach mit nichts besser vergleichen als mit einer Fläche, die man an einem weichen Körper dadurch erhält, daß man denselben mit einem Löffel durch Abtragen zu ebenen sucht, wodurch eine Reihe concaver Einschnitte entsprechend der Convexität des Löffels zurückbleiben. In dem oberen Theile ist jede solche Concavität beinahe kreisrund; nach unten wird sie flacher und weiter, so daß ihre seitlichen Begränzungen, den Aesten einer Hyperbel ähnlich, auseinander weichen. Am schönsten und regelmässigsten bemerken wir diese Formen im Innern der großen Höhlen, welche sich am Austritt der Gletscherbäche bisweilen finden, nur sind sie an der Decke mehr kreisrund als an den Wänden. Da sie hier auch sehr glatt und spiegelnd sind, so reflectiren sich in ihnen beleuchtende Wellen des Baches und andere helle Punkte unzählige Male; sie geben dadurch dem Eingange solcher

Höhlen einen ungemeinen Reiz. Die Erklärung dieser sonderbaren Formen ist nicht ohne Schwierigkeit; folgende dürfte jedoch nicht ganz unwahrscheinlich seyn. Wenn an irgend einem Punkte das Schmelzen beginnt, so läuft das entstandene Wasser weg und schützt die Umgebung dadurch, daß es eine ganz feine Schicht bildet, die verdunsten muß, ehe auch dort das Schmelzen beginnen kann; so erhalten wir in den regelmässigsten Fällen Kugelsegmente, wie an den Decken der Höhlen; rücken sich durch fortgesetztes Schmelzen die begrenzenden Flächen dieser Kugelsegmente immer näher, und schneiden sie sich, so bleiben spitze pyramidenartige Gestalten übrig, die sich besonders an den Decken von Schnee- und Firnhöhlen finden.

An verticalen Wänden, wo das entstandene Schmelzwasser nicht nach allen Seiten gleichmäßig abläuft, sondern vorzüglich nach unten, sind auch dort die größten Vorsprünge, was statt der regelmässigen Kreisformen der Decken die erwähnten elliptischen Eindrücke zurückläßt. Die erste Ursache davon, daß das Abschmelzen nicht überall gleichmäßig eintritt, mag wohl mit der vorausgehenden Risse- und Körnerbildung zusammenhängen.

Diese löffelförmigen Erosionsflächen sind nicht auf die Gletscher und den Schnee der Alpen allein beschränkt; sie sind auch bei Expeditionen in höhere Breiten regelmäßig erwähnt, und machen sich an großen Anhäufungen von Schneemassen fast überall bemerkbar.

Kann das Schmelzwasser sich sammeln, bildet es nicht eine dünne bald verdunstende Schicht, so trägt es nicht zur Erhaltung, sondern zur Zerstörung des Eises bei, indem es sich bei directer Besonnung etwas über 0° erwärmt. Es erweitert dann die Kanäle bedeutend und bildet besonders da, wo jene häufig sind, in den blauen Bändern, kleine Thäler von der mannigfaltigsten Verzweigung bis zu 2 Centimeter Tiefe. Ein Beispiel dafür ist No. 12 der Tafel I.

Es dürfte nicht uninteressant seyn, bei dieser Gelegenheit noch einmal auf die Erscheinungen am Wassereise zu-

rückzukommen, und die Unebenheiten zu betrachten, welche auch dieses bei längerem Schmelzen annimmt. Wir hatten bei unseren Beobachtungen an den Kanälen in Nymphenburg und bei jenen am See im englischen Garten bei München den Vorthail, zwei Gruppen zu betrachten, die unter etwas verschiedenen Umständen sich befanden; am ersteren Orte lag das Eis auf Wasser, am zweiten auf festem Boden. Bei beiden zeigten sich schon sehr bald bedeutende Unebenheiten, welche an vielen Stellen jene des Gletschers übertrafen: deswegen wohl, weil hier das Schmelzwasser wegen der großen Horizontalität nicht wie am Gletscher wenigstens theilweise zu Bächen sich vereinigte und so abfloß, sondern nur durch die entstandenen verticalen Kanäle einen sehr beschränkten Ausweg fand. Wo das Wasser sogleich entfernt würde, dürften sich demnach keine solchen Vertiefungen bilden; dieß ist in der That der Fall an der porösen Oberfläche des Schnees, in welchem dasselbe rasch nach seiner Entstehung versinkt. Wo Wasser unter dem Eise war, blieb die Unterfläche stets glatt, und die Kanäle bildeten hier ganz deutliche Körnergränzen, sehr ähnlich jenen No. 5. Taf. I. Ganz dasselbe zeigt die Unterfläche jener großen Eisblöcke, welche in manchen Gletscherseen umherschwimmen. Einen sehr schönen Abdruck davon erhielten wir von einem Blocke des Sees im grünen Thor (Pasterzengletscher), welcher in No. 11 Taf. I. wiedergegeben ist und zugleich als besonders deutliche Entwicklung der Körnergränzen unsere Berücksichtigung verdiente. Die erhabensten Stellen am Eise von Nymphenburg hatten noch am 2. März 15—16 Centimeter, die dünnsten 5—6 Centimeter; es blieb demnach den ersteren eine relative Höhe von 10 Centimeter: später schmolzen die dickeren auf 4—5 Centimeter ab, während die dünneren Parthien kaum 1 Millimeter betrugen, und zuletzt waren es einzelne Fragmente, welche im Wasser lose herumschwammen¹⁾.

Auf

1) Im Winter 1850 beobachtete ich auch an den Kanälen des Thiergartens bei Berlin die Bildung der Risse sehr deutlich.

Auf trockner Unterlage waren ebenfalls bedeutende Unebenheiten der Oberfläche bemerkbar, aber auch die untere Seite war hier nicht glatt, sondern höckerig und trug dadurch bei, daß dieses Eis weit schneller als das erstere in Gruppen von isolirten Fragmenten zerfiel, die bisweilen 10 bis 12 Cubikcentimeter Masse hatten.

Vertheilung der Kanäle im Innern.

Die bisher betrachteten Erscheinungen sind am Gletscher vorzugsweise über die Oberfläche verbreitet. Die deutliche Körnerbildung erstreckt sich zwar auch etwas in die Tiefe; jedoch dürften drei Meter in verticaler Entfernung von jeder der Atmosphäre ausgesetzten Oberfläche wohl als Maximum gelten; eine Gröfse, welche gegenüber der ganzen Gletschermasse doch eine unbedeutende ist.

Ich muß hier eine Unterscheidung in der Bezeichnung des Gletschereises einführen, die ich erst später bei der Behandlung der Ogiven ausführlicher entwickeln kann¹⁾. Man unterscheidet bekanntlich ein luftblasenreiches Eis, welches in Folge der Reflection des Lichtes an den eingeschlossenen Blasen *weiß* erscheint, und ein *blaues*, in welchem die Blasen großen Theils durch wassererfüllte Kanäle ersetzt sind; dadurch erhält das Eis eine gleichmäßige lichtblaue Farbe. Diese Parthien sind schmaler und durchziehen in gewissen Lagen das weiße Eis, sie werden die „blauen Bänder“ genannt. Nur diese letzteren verbreiten das körnige Gefüge bis tiefer in das Innere; im weißen Eise sind es aber nur einzelne unregelmäßig zerstreute Haarspalten und Kanäle, welche tief in die compacte Gletschermasse eindringen, ja ich fand die letzteren selbst an der Decke von Gletscherhöhlen, wobei sie sicher von der Oberfläche kamen, obgleich sie eine Eismasse von 60 bis 80 Meter durchsetzen mußten.

Der Umstand, der mich zu dieser Annahme berechtigte, war folgender. Unmittelbar über einer Höhle²⁾ lag die

1) Cap. IV. p. 83 l. c.

2) Am Marcellgletscher.

Mittelmoräne, welche außer den schönen größeren Blöcken auch sehr viel Schwamm und Sand enthielt. Da die Kanäle von oben mit Schmelzwasser sich erfüllten, so mußte mit diesem auch solcher Schlamm eintreten, und es war zu erwarten, daß er an der Decke der Höhle sich bemerkbar machte, wenn die Kanäle wirklich von da bis an die Oberfläche reichten. Diefes war in der That hier an sehr vielen Stellen der Fall; und directe Versuche durch künstliche Infiltrationen bestätigten, daß diese Theilchen wirklich von der Oberfläche herabgekommen waren.

Die beste Art, von den Kanälen des Gletschers sich zu überzeugen, sind die Infiltrationsversuche mit gefärbten Flüssigkeiten, welche Agassiz bereits im Anfange seiner Untersuchungen mit so vielem Erfolge angewandt hatte. Unter mehreren Medien, die wir versuchten, fanden wir eine concentrirte Auflösung von saurem chromsauren Kali am vortheilhaftesten, deren sich auch Agassiz bediente. Lackmus, Curcuma, Campechenholz sind entweder weit weniger intensiv gefärbt, oder sie dringen nicht mit derselben Leichtigkeit ein. Das saure chromsaure Kali behält noch bei ungemeiner Verdünnung eine deutliche Weinfarbe; setzt man etwas basisch essigsaures Bleioxyd zu, so erhält man eine noch intensivere gelbe Farbe; die suspendirten Theile des gefällten Bleisalzes sind nicht so groß, daß sie die Kanäle verstopfen.

Die Versuche wurden auf mehreren Gletschern theils im Oetzthale, theils auf der Pasterze in Kärnthen angestellt. Die gemeinschaftlichen Resultate waren folgende: Wurde die Vertiefung zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit, zwei Maafs concentrirter Lösung enthaltend, in ein blaues breites Band gemacht, so entleerte sie sich ungemein rasch, und liefs sich an den Wänden der Spalten sehr deutlich bis zu 8 und 10 Meter Tiefe verfolgen, obwohl ich die Infiltrationsgrube stets mehrere Meter vom Rande der Spalten entfernte. Suchte ich eine Stelle blauen Eises, welche etwas erhaben war, so verbreitete sich die Infiltration auch sehr rasch über die Oberfläche; und hier beinahe gleich

stark in weißem und blauem Eise; ich fand bei einem besonders glücklichen Falle die madreporenartigen verticalen Vertiefungen des Eises, welche von eingesunkenen Steinchen u. dgl. herrühren, bei einer horizontalen Entfernung von 40 Meter deutlich von der Infiltrationsmasse gefärbt und erhielt, als ich zur Controle etwas essigsäures Blei hinein brachte, augenblicklich den charakteristischen Niederschlag.

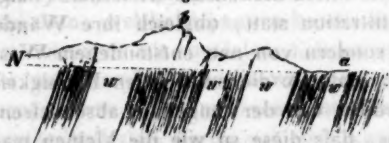
Im weißen Eise ist die Infiltration anfangs eben so stark als im blauen, aber in der Tiefe nimmt sie ab, sobald sie die Region des deutlichen Körnergefüges verlassen hat.

Auch in den wassererfüllten Stellen des Gletschers (Baig noirs) findet eine Infiltration statt, obgleich ihre Wände nicht von Gletscher- sondern von neu entstandenem Wassereise bekleidet sind. Dafs sie die enthaltenen Flüssigkeiten nicht ganz wasserdicht von der Umgebung abschliessen, sieht man auch daraus, dafs diese so wie die kleinen madreporenartigen Löcher des Morgens oft wasserleer sind. Man könnte dies theilweise der Verdunstung zuschreiben, allein ich sah Fälle, in welchen diese nicht von Einflufs seyn konnte; es bildeten sich in mehreren kalten Nächten während unseres Aufenthaltes auf der Pasterze über diesen Wasserbehälter kleine Eisplatten, welche bis zum nächsten Morgen sehr wohl erhalten blieben: unter ihnen aber war keine Spur von Wasser zu finden. Hätten wir nicht die Stelle von früheren Besuchen her wohl gekannt, und gewußt, dafs das Wasser erst nach der Bildung der Eisplatte durch Infiltration verschwunden war, so wäre uns das Entstehen dieser Decken über wasserleeren Vertiefungen sehr überraschend gewesen. Dieser Umstand machte uns aufmerksam, die Wasserstände an mehreren Orten des Abends durch eingesteckte eiserne Stifte zu bezeichnen, und wir fanden sie in der That des Morgens gewöhnlich etwas tiefer (2 bis 3 Centimeter), während sie nach 10 Uhr von dem Schmelzwasser wieder gefüllt waren. An kalten Herbsttagen, wenn das Schmelzwasser von Tag zu Tage spärlicher wird, bemerkt man an diesen Stellen die Infiltration be-

sonders schön. Es bilden sich mehrere parallele Krusten von Eis, die von der Oberfläche beginnend in Abständen von 2 bis 3 Centimetern nach unten sich folgen. Es sind dies die Reste jener Eisdecken, die sich in den vorausgegangenen Nächten auf der Oberfläche bildeten, und nun eine gleichzeitige Uebersicht der früheren Wasserhöhen gewähren.

An den Wänden der Spalten bemerkt man noch ein anderes Phänomen, welches die allgemeine Senkung des Wassers während der Nacht anzeigt. Des Morgens ist an der Oberfläche nur selten verschiedenfarbiges Eis zu se-

Fig. 4.



Nächtliches Verschwinden d. blauen Bänder. *a b N* Umriss der Gletscheroberfläche; *N* Niveau des Wassers; *w* weißes Eis; das dunkel Gezeichnete sind blaue Bänder; horizontale Länge vier Meter.

hen; an den Spaltenwänden ist zwar die Streifung von unten nach aufwärts so deutlich wie später am Tage; allein wenige Fufs unter der Oberfläche verschwindet sie, obwohl zu anderer Zeit die Bänder so deutlich bis an den Rand der Spalten herauf reichen, und noch über die Oberfläche des Gletschers fortlaufen.

Dieses Verschwinden rührt daher, daß die oberen Theile des Eises, auch des blauen, wasserleer sind; die Kanäle des letzteren sind mit Luft gefüllt, daher erscheinen beide Arten gleichförmig weiß; bis zum Rande des Wassers, von unten nach aufwärts, sind Farbe und Structur so verschieden wie gewöhnlich. Dieser Fall spricht zugleich sehr deutlich dafür, daß die Zwischenräume in den blauen Bändern durch Infiltration von oben gefüllt werden.

Eine größere Reihe von Infiltrationsversuchen, die mir besonders erlaubte, in verticaler Richtung von der Tiefe der Infiltration mich zu überzeugen, machte ich am Vernagt im Oetzthale.

Die Stelle befand sich in einem der zerklüfteten Theile

des Vernagt, in der Nähe der Alpenweiden auf „Plattei“. Durch ein Gewirre von Spalten und Eisnadeln war dieser Punkt etwas unbequem zu besuchen; dafür bot er aber den Vortheil, daß man im Stande war, mit geringer Nachhülfe eine sehr passende Höhle herzustellen. Man trat auf einigen eingehauenen Stufen in die Spalte hinauf, die von Natur ziemlich enge, durch Hinabwerfen von Schnee und Eis in einer Tiefe von 3 Metern sich so fest schloß, daß man mit Vorsicht sich darauf stellen konnte; zur größeren Sicherheit band ich mich an ein Seil, dessen anderes Ende um einen Pfahl außer der Höhle geschlungen war. Die Stellen der Infiltrationsflüssigkeit waren so gewählt, daß eine verticale Linie von dort gerade der tiefsten Stelle der Eiswand, die nach Innen concav war, sich näherte. Ich machte drei Vertiefungen zur Aufnahme der Infiltrationsflüssigkeit. Eine in einem breiten blauen Bande, die zweite in reinem weissen Eise und eine dritte da, wo schmale weisse und blaue Bänder mit einander wechselten. Schon 10 Minuten nach dem Einfüllen war die Flüssigkeit aus dem blauen Eise an den untersten Stellen, 3 Meter vertical unter dem Infiltrationspunkte, sichtbar; die Grube war dabei leer geworden. Bald begann auch an der dritten Stelle die Färbung sich zu zeigen; aber vorzugsweise nach dem Verlaufe der blauen dünnen Bänder. Auch am weissen Eise wurde die Flüssigkeit bemerkbar, aber erst eine Viertelstunde später; sie war hier nicht gleichmäfsig vertheilt, sondern blieb in mehreren größeren Gängen vereint. Nach einiger Zeit wurden die Infiltrationslöcher sorgfältig gereinigt und ausgetrocknet, dann liefs ich an dieser Stelle einen bedeutenden Theil des Eises abtragen. Hier zeigte sich der Einfluß der Eismassen von verschiedener Structur auf die Infiltration besonders deutlich. Im blauen Eise war dieselbe, so weit ich entblößen konnte, überall ganz gleichmäfsig verbreitet. Im weissen aber hörte sie in dieser Form bei 2 Meter Tiefe fast in einer horizontalen Ebene auf; von hier abwärts waren nur feine

und sehr schwache Körnergränzen zu entdecken¹⁾). Die Infiltration erstreckte sich noch etwas tiefer, allein ungleich vertheilt, und hielt sich an einzelne grössere Gänge, wie wir es schon vor dem Abhauen der Decke aus den Erscheinungen an den Wänden der Höhle vermutheten. Ich machte hier, um mir ein noch deutlicheres Bild dieser Verhältnisse zu geben, im reinen weissen Eise neue Löcher, die ich mit chromsaurem Kali füllte, wählte aber die Lage derselben so, daß manche ein oder zwei Kanäle einschlossen, andere im ganz compacten Eise blieben. Ich goß die Flüssigkeit des Abends ein, des anderen Morgens waren drei Behälter, von denen ich es bereits erwartete, und ein anderer leer geworden; im letzteren entdeckte ich jetzt, durch die Farbe des Kalisalzes unterstützt, leicht die Ausflusstellen, die ich Tags vorher nicht bemerkte. Die beiden anderen Gruben, die im ganz compacten weissen Eise gemacht waren, hatten aber ihr Niveau vom vorigen Abend kaum um 2 Centimeter geändert.

An den Stellen, wo weiß und blau abwechselten, war der Effect der Infiltration ein ungleichartiger. Im blauen Eise war auch hier ihr Ende durch Abtragen nicht zu entdecken; im weissen dagegen hatte sie eine bestimmte Gränze, nur um einige Decimeter tiefer als in der Grube No. 2. Einzelne Gänge und Kanäle führten auch von hier in die Tiefe fort.

An der Pasterze hatte ich Gelegenheit Infiltrationsversuche 1) nahe der Firnlinie, 2) in der Mitte des Gletschers und 3) unmittelbar an seinem Ende zu machen. Blaue Bänder waren überall gleich stark infiltrirt; allein im gewöhnlichen Eise bot die Vergleichung der einzelnen Punkte das interessante Resultat, daß 1 und 2 in Beziehung auf die Tiefe der Infiltration nur wenig abwichen; 3 hingegen zeigte nur sehr geringe Infiltration.

Die Schlüsse, welche wir daraus auf die Vertheilung der Risse und Kanäle machen dürfen, sind folgende. Die

- 1) Ueber die feinen Spalten in größeren Tiefen und ihre Entstehung siehe S. 212.

blauen Bänder führen die Flüssigkeiten überall in Tiefen, die wir nicht mehr verfolgen können; im gewöhnlichen weissen Eise aber erstreckt sich die gleichmäßige Durchtränkung der Massen nur 2 bis 3 Meter nach abwärts, dann hören die zahlreichen Gruppen der Spalten fast in einer Ebene auf; nur einzelne Kanäle, auch kleinere Risse setzen sich in bedeutende Tiefen fort. Charakteristisch ist, daß jene Ebene, in welcher die reichliche Infiltration aufhört, am Anfange des Gletschers tiefer liegt als am Ausgange. Ich glaube darin eine Unterstützung meiner Ansicht über die Entstehung der Risse zu sehen, indem gerade dort dieselben am tiefsten sich erstreckten, wo wegen der höheren Lage die größte nächtliche Kälte auf Tagestemperaturen über 0° zu folgen vermag. Die Grösse der Differenz zwischen dem Maximum und Minimum mag allerdings für den Anfang und das Ende des Gletschers sich nur wenig unterscheiden; allein sie wird im ersteren Falle durch ein geringes Plus und ein großes Minus, im zweiten durch ein großes Plus und ein geringes Minus hervorgebracht; die Wirkungen müssen dabei nothwendig verschieden seyn, da alle Temperatur über 0° das Eis nicht zu erwärmen, nur zu schmelzen vermag, während die Temperaturerniedrigung unter 0° sehr bedeutend auf die Grösse der Zerklüftung einwirkt.

Ich weifs wohl, das die absolute Vergleichbarkeit höherer und tieferer Punkte in Beziehung auf die verticale Ausbreitung dieser Risse nicht zu beanspruchen ist; auch das ungleiche Abschmelzen ist darauf von Einflufs, indem es an den unteren Parthien von dem körnigen mit Kanälen durchzogenem Eise mehr zerstört, als an den höher gelegenen; allein diese Differenz ist ¹⁾ nicht groß genug, die Unterschiede vollkommen zu erklären. Jedenfalls ist aber am Ende des Winters die zerspaltene Schicht an derselben Stelle tiefer, als am Ende des Sommers.

1) Nach unseren Versuchen über die Abtragung des Eises.

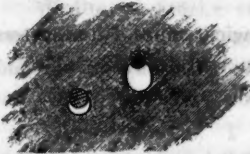
Luftblasen.

Die Menge der Luftblasen, welche im Gletscher eingeschlossen ist, wird für denselben nicht nur durch ihre Betheiligung an der Bildung der Körnergränzen und der Kanäle im Inneren des Eises wichtig; sie hat auch auf den Umriss seiner Oberfläche im Kleinen einen bedeutenden Einfluss. Am besten können wir dies aus dem Vergleich von No. 12 und 13 Taf. I. entnehmen. In dem ersten Stücke, welches die Oberfläche des blauen Eises wiedergiebt, sind die Vertiefungen durch ungleiche Schmelzung so groß, daß die Figur dem Relief einer Gebirgsgegend nicht unähnlich wird. Die tiefsten Stellen bezeichnen uns immer die Umrisse der Körner. Punkte, an welchen kurz vorher Luftblasen waren, bemerken wir auch hier als kreisrunde Vertiefungen; allein sie sind verhältnißmäßig sparsam vertheilt.

Ganz entgegengesetzt verhalten sich die Formen des weissen Eises in No. 13 Taf. I. Die Körnergränzen lassen sich durch tiefere aber enge Spalten auch hier erkennen, jedoch die großen Verschiedenheiten im Relief sind hier nicht zu bemerken; die Spuren der Luftblasen hingegen sehen wir ausserordentlich deutlich und zahlreich. Wir zählen auf einem Quadratcentimeter weissen Eises nicht selten 17 bis 18 solcher Vertiefungen. Durch theilweise Reflexion der Wärmestrahlen an der Oberfläche der Luftblasen, und durch die Erwärmung der Luft im Eise wird auch das schnellere Schmelzen des weissen Eises gegenüber dem blauen hervorgebracht; ja die Luftblasen tragen nicht selten noch unmittelbar dazu bei. Sie bewirken durch die Ausdehnung der Luft, daß das Eis, noch ehe es bis an die Blase herabgeschmolzen, berstet, und nun in ganz kleinen Fragmenten über die Oberfläche zerstreut wird. Das dadurch hervorgebrachte leise Knistern ist an schönen warmen Tagen ungemein deutlich; bei einiger Aufmerksamkeit hält es nicht schwer, sich unmittelbar von dem Vorgange zu überzeugen und die Fragmente der gesprengten dünnen Eishüllen zu entdecken.

Das Erwärmen der Luft innerhalb des Eises zeigt sich noch in einer anderen Form. An den hervorragenden Theilen des Gletschers bemerkt man oft Bläschen, die wie jenes in Fig. 5. nach unten von einem Hofe von Wasser

Fig. 5.



Luftblasen im Eise von flüssigem Wasser umgeben; die parallelen Striche = Eis; die gekreuzten = Luftblasen; das hell Gelassene = Wasser.

umgeben sind, von dessen Flüssigkeit man sich durch Oeffnen der Höhle leicht überzeugen kann. Manchmal ist eine solche Luftblase nach allen Seiten von Wasser umgeben, gewöhnlich nur nach unten ¹⁾).

Das Wasser ist dadurch entstanden, daß die Luft Wärmestrahlen absorbirte, welche das Eis als diathermaner Körper durchliefs; an ein Eindringen des Wassers durch Spalten, etwa Haarspalten, war in allen Fällen, welche ich sah, nie zu denken; auch wäre ja bei einer solchen Oeffnung immer die Luft ausgetreten, ehe das Wasser Platz finden konnte. Die schöne Entwicklung dieser Formen ist um so überraschender, wenn wir bedenken, daß das Eis zu jenen Körpern gehört, welche nur sehr wenig diatherman sind. Melloni hat gefunden, daß Eis bei 2,6 Millimeter Dicke von 100 Strahlen der Locatellischen Lampe nur 6 durchläßt, während Steinsalz 92, Spiegelglas 39, krystallisirter Gyps 14 Strahlen durchliefsen ²⁾).

Die Masse der Luft zu bestimmen, welche in einem gegebenen Volumen Eis enthalten ist, macht einige Schwierigkeit, da sie beim Schmelzen zum grofsen Theile von Wasser absorbirt wird. Ich mußte mich daher begnügen durch Eindrücken in eine etwas erwärmte Metallform dem Stücke ein bestimmtes Volumen zu geben und dann sein absolutes Gewicht zu bestimmen; ich suchte dabei ein Stück, welches möglichst frei von Haarspalten war. Die Wägung wurde auf einem Aräometer aus Glas vorgenom-

1) Dieselben Formen: Agassiz Systeme p. 168.

2) Müller-Pouillet Physik II. 424.

men, welches 1 Milligramm mit Sicherheit anzeigte, und 24 bis 30 Grammen tragen konnte; eine große Bequemlichkeit war es, daß sein Hals in Längentheile getheilt war, welche genau die Veränderungen der Belastungen um + oder - 1 Milligramm durch ihr Einsinken oder Steigen angaben.

Berechnen wir daraus das Gewicht eines Cubikmeters von dem blasigsten Eise, so finden wir:

Wägung a. 867,1 Kilogramm

- b. 829,1 -

- c. 891,2 -

Mittel 862,4 Kilogramm.

Die Dichtigkeit des reinen Eises ist, nach den schönen Untersuchungen von Brunner dem Sohne, folgende:

Temp. C.	Dichte.	Temp. C.	Dichte.	Temp. C.	Dichte.
0	0,91800	- 7	0,91879	- 14	0,91957
- 1	0,91812	- 8	0,91890	- 15	0,91968
- 2	0,91823	- 9	0,91901	- 16	0,91980
- 3	0,91834	- 10	0,91912	- 17	0,91991
- 4	0,91845	- 11	0,91924	- 18	0,92002
- 5	0,91856	- 12	0,91935	- 19	0,92013
- 6	0,91868	- 13	0,91946	- 20	0,92125

Wir erhalten demnach für die Masse des Eises in den gewogenen 27 Cubikcentimetern, dem Inhalte jener Metallform, da in 100 Theilen Volumen: Eis 939, Luft 61, ein spec. Gew. = 0,862.

Bei blauem Eise konnte ich durch Wägung zweierlei erfahren: 1) den Raum, den die Haarspalten, Körnergränzen und Kanäle einnahmen, 2) das spec. Gew. des möglichst blasenfreien Gletschereises. Für den ersten Versuch wurde ein Stück von 27 Cubikcentimetern, an dem alle Kanäle mit Wasser gefüllt waren, gewogen, dann durch Aussaugen schnell entleert und wieder gewogen. Der Verlust im Mittel mehrerer Versuche ergab ihren Raum in 1000 Theilen Eis zu 70 bis 90. Wenn auch bei dem Aussaugen und während der kleinen Pause zwischen der ersten und zweiten Wägung einiger Verlust durch Schmel-

zen des Eises herbei geführt wurde, so wird dieser Fehler hier um so weniger zu berücksichtigen seyn, da die Räume der Kanäle ohnehin keine constante Gröfse sind und in zwei dicht neben einander liegenden Stücken sehr merklich differiren können.

Wollte ich Stücke von blauem Eise wägen, welche frei von Kanälen waren, und möglichst wenig Luftblasen enthielten, so war ich gezwungen die Stücke weit kleiner zu machen. Ich wog 4 Cubikcentimeter und fand ihr Gewicht.

1 Versuch 3,69

2 - 3,63

3 - 3,66

Mittel 3,66 Grm.

Für 1 Cubikcentimeter erhält man daraus

0,915 Grm.

und ein specifisches Gewicht von

0,915 Grm.

was von jenem des reinen Eises nur wenig abweicht.

Läfst man weißes blasenfreies Eis langsam thauen, so wird nicht alle darin enthaltene Luft absorhirt; diese Erscheinung gewinnt dadurch an Interesse, dafs die absorbirte Luft auch eine andere Zusammensetzung zeigt, als die austretende.

Um die absorbirte Luft vom Wasser zu trennen, wurde das letztere unter den bekannten nöthigen Vorsichtsmafsregeln ausgekocht, und die austretenden Gasarten unter einer warmen Salzlösung aufgefangen. Die calibrierte Röhre, in welche die Luft eintrat, tauchte ich am Schlusse der Operation so lange unter die Sperrflüssigkeit, bis ich die Temperatur der letzteren jener der eingeschlossenen Luft gleichsetzen durfte. Der Barometerstand, der jedesmal abgelesen wurde, betrug zwischen 600 und 570 Millimeter, da alle folgenden Versuche theils am Gletscher selbst, theils in Vent (5800 P. F.) angestellt wurden. Das gefundene Gasvolumen wurde auf 0° C. und 760 M. M. Barometerstand reducirt.

Die so erhaltenen Mengen waren:

No.	Ort.	Bezeichnung des Wassers.	Luft in 1000 Theil. Wasser.
1	Pasterze	Aus weißem Gletschereise	47,10
2	Pasterze	Aus blauem Gletschereise	30,48
3	Alte Lawine b. d. Johannishütte.	Aus dem Firne	23,60
4	Vernagt	Aus weißem Gletschereise	45,68
5	Vernagt	Aus blauem Eise	28,56
6	Dorf Vent	Aus frisch gefallenem Schnee	34,24
7	Dorf Vent	Kleiner Bach von Stablein kommend	25,68
8	Dorf Vent	Oetzwasser	13,12
9	Johannishütte	Wasser der Quelle	13,79

Anmerk. No. 1—3 und 9 waren 1848 in Kärnthen, während meines Aufenthaltes auf der Pasterze, angestellt. No. 4—8 wurden 1847 im Oetzthale ausgeführt.

Das Wasser aus weißem Eise ist nach diesen Versuchen vollkommen gesättigt, da im Mittel 46 Theile Luft auf 1000 Wasser als Maximum angenommen werden ¹⁾; aber selbst das blaue Eis lieferte noch luftreicheres Wasser als die gewöhnlichen Quellen und Bäche.

Zur chemischen Analyse der Gase bedienten wir uns des Eudiometers von Gay-Lussac ²⁾, dem Fresenius eine so bequeme Form gegeben hat ³⁾. Ein Cylinder von 1 Fuß Höhe und 3—4 Zoll Weite, der nämlich in dem auch das Aräometer aufgestellt werden konnte, wurde mit verdünnter Salzsäure gefüllt; in demselben befand sich die graduirte engere Röhre, welche die zu analysirende Luft und einen Kupferstreifen einschließt, um den zur Vermehrung der Oberfläche und zum besseren Hinaufleiten der Salzsäure mit einem Bindfaden Kupferdreispäne gebunden sind. Die drei Spitzen, an seinem unteren Ende sind federnde Streifen, welche den graduirten Cylinder in der weiteren Röhre festhalten ⁴⁾.

1) Nach Dalton's Versuchen: *Manchester Memoirs* 2 Ser. 1, 284; 5, 11, *Annals of Phil.* 7, 215.

2) *Ann. de Chim. et de Phys.* 62, 219.

3) Anleitung zur quantitativen Analyse S. 435.

4) Ueber die Zuverlässigkeit so wie die weitere Behandlung siehe die ausführliche Darstellung bei Fresenius a. a. O.

Die Absorption des Sauerstoffs ist nach drei Stunden sicher vollendet. Die Correction wegen des Luftdruckes ist hier selten nöthig, da sich innerhalb der kurzen Zeit der Barometerstand nur wenig ändert. Die Temperatur der Sperrflüssigkeit wurde stets berücksichtigt und nach ihr das wahre Volumen der enthaltenen Gase berechnet.

Ich machte mit diesem Apparate die Analyse von zwei verschiedenen Luftarten; die erste war vom Wasser absorbirt und wurde durch Kochen ausgetrieben, die zweite war jene Luft, die bei langsamem Thauen des Eises nicht absorbirt wird, sondern in Bläschen aus dem Schmelzwasser aufsteigt.

Analysirte Luft.	Volumen.		Gewicht.	
	Sauerstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Im Wasser absorb. Lft	29,0 Proc.	71,0 Proc.	31,7 Proc.	68,3 Proc.
Nicht absorbirte Luft	16,4 -	83,6 -	18,3 -	81,7 -

696,04 Cb.-Ct. Sauerstoff = 792,23 Cb.-Ct. Stickstoff = 1 Grm. (Marchand Chem. Taf. S. 10.)

Das Wasser auch des Gletschers absorbirte demnach weit mehr Sauerstoff als Stickstoff. Alexander von Humboldt und Gay-Lussac erhielten aus destillirtem Wasser, welches mit Luft gesättigt war, 32,8 Proc. Sauerstoff, aus Schneewasser 28,7¹).

Die nicht absorbirte Luft konnte ich mir am Gletscher selbst leicht verschaffen. Es entwickeln sich an vielen wassererfüllten Theilen kleine Luftblasen, eben jene, die beim Schmelzen nicht mehr absorbirt werden. Diese sind es, die unter einer Glasglocke aufgefangen den Gegenstand der zweiten Analyse bildeten. Bischof, der unter ganz ähnlichen Umständen die Luft analysirte, die sich aus den „Eislöchern des Gletschers“ (Baignoires) entwickelte, fand ebenfalls sehr wenig Sauerstoff (10,22 Proc.)²).

Es fragt sich nun, welche Zusammensetzung die im Eise

1) *Journal de Phys.* 60, 129 Gilbert 20, 147.

2) Schweigg. 37, 266. Aehnliche Resultate aus Schneeluft erhielt Bous-singault in Gay-Lussac's *Ann. de Chim.* 76, 354.

eingeschlossene Luft selbst hatte. Nehmen wir aus den beiden Analysen das Mittel, so erhalten wir

$$\frac{31,7 + 18,3}{2} = 25 \text{ Proc. Gewicht}$$

Sauerstoff, während doch die Atmosphäre nur 23,07 enthält; schon die eingeschlossene Luft scheint demnach etwas an Sauerstoff reicher gewesen seyn. Dieses Resultat gewinnt eine Bestätigung, wenn wir die Umstände betrachten, unter welchen sich die Luftblasen im Eise bildeten. Sie entstanden zum Theile aus jener Luft, welche die Zwischenräume der Firnkörner ausfüllte; diese war gewiss von atmosphärischer Luft nicht verschieden. Ein zweiter allerdings kleinerer Theil derselben trat aber bei dem Gefrieren jenes Wassers aus, welches den Firn durchtränkt und bei dem Uebergange in den festen Zustand die einzelnen Körner zu einem compacten Ganzen, zum eigentlichen Gletschereise vereint. Die letztere Luft, ursprünglich vom Wasser absorbirt, war etwas sauerstoffreicher; so dafs auch auf diese Weise der kleine Ueberschufs von Sauerstoff (von 2 Proc.) erklärt ist. Allein diese Betrachtung nöthigt uns zugleich anzunehmen, dafs nicht in jedem einzelnen Bläschen solche Luft eingeschlossen ist, die mehr Sauerstoff enthält als die Atmosphäre, sondern dafs einzelne nur mit Atmosphäre, andere dafür mit einem um so gröfseren Gehalt von Sauerstoff gefüllt sind. Da beim Schmelzen des Eises einige Bläschen wegen bereits erfolgter Sättigung des Wassers oder wegen zu schneller Bewegung fast gar nichts durch Absorption verlieren, so läfst sich erwarten, was auch durch die Experimente sich bestätigte, dafs die austretende Luft weit weniger eine constante Zusammensetzung zeigt als die absorbirte.

Farbe des Eises.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Eises verdient auch die Bestimmung seiner Farbe unsere Aufmerksamkeit. Wenn auch die Luftblasen in gröfserer Menge

dasselbe weiß erscheinen lassen¹⁾), so bleibt doch der eigenthümlichen lichtblauen Farbe desselben noch Einfluss genug, im Großen sich bemerkbar zu machen. Ganz besonders deutlich sind solche Farben in den Spalten des Eises sowohl als des Firnes zu beobachten. Unabhängig von dem Zustande der Bewölkung, frei also von dem Einflusse reflectirten blauen Lichtes, zeigen solche Vertiefungen eine blaue oder blaugrüne Farbe von solchem Glanze und so großer Schönheit, wie wir sie nur an besonders günstigen Tagen am Firmamente oder an der Oberfläche großer Wassermassen wiederfinden.

Ich bestimmte dieselben dadurch, daß ich sie mit einem rotirenden Kreisel verglich, auf welchen Papiere von verschiedenen Farben gebracht werden konnten. Eine ausführliche Beschreibung dieses Cyanometers wird später bei den Untersuchungen über die Farbe des Firmamentes mitgetheilt werden. Die Werthe der folgenden Tabelle sind die procentischen Antheile jeder einzelnen Farbe. (W = Kremserweiß, C = Kobaltblau, G = gebrannter Ocker). 5. 8. 9. sind Farben der Oberfläche, die andern beziehen sich alle auf Spalten und Vertiefungen.

No.	Ort d. Beobachtung.	Gegenstand.	Procente.
1.	Leitergletscher	Schneelöcher von 5 Cent. Weite u. 1 Meter Tiefe	78 W. 21 C. 0,6 G.
2.	Similaun	Schmale Spalten im Firnmeere.	76 W. 23 C. 0,8 G.
3.	Niederjoch	Schneelöcher im Firnmeere	72 W. 27 C. 1,0 G.
4.	Firnmeer d. Pasterze	Blaues Licht d. Firnhöhlen	77 W. 22 C. 1,0 G.
5.	Küppeler Berg in Gurgl.	Blauer Schlagschatten auf den Firnen der Kleinleiten an der Oberfläche.	61 W. 39 C.
6.	Pasterze	Mühle von 10 Meter Tiefe	73 W. 26 C. 1,0 G.
7.	Thor des Marcellgletschers	Blaue Bänder im Innern	a) 81 W. 19 C. 0,6 G. b) 78 W. 21 C. 0,6 G. c) 76 W. 24 C. 0,6 G.

- 1) An einigen ganz dünnen Luftschichten, welche kleine Spalten ausfüllen, bemerkten wir mehrere Male ein ganz ausgezeichnetes Farbenspiel, die bekannten Farbenerscheinungen an dünnen Blättchen (Newton's Ringe). Sehr häufig waren sie besonders an dem (Wasser) Eise der Kolowratshöhle bei Salzburg.

No.	Ort d. Beobachtung.	Gegenstand.	Procente.
8.	Pasterze (Johannis- hütte) nächst d. Hütte	Farbe d. beschatteten Glet- schers 5 Uhr Nachmittags Oberfläche.	69 W. 27 C. 4,0 G.
9.	Ebendasselbst bei den Burgställen	Farbe desselben in großer Entfernung. Oberfläche	73 W. 23 C. 4,0 G.
10.	München	Löcher in zusammengehäu- tem frischgefall. Schnee von 1½ Meter Tiefe.	73 W. 27 C. 0,2 G.

Da gleichzeitig Versuche über die Farbe der Atmosphäre gemacht wurden, so dürfte es nicht unwichtig seyn, auch diese hier zu erwähnen. Das Blau der Atmosphäre enthält im Zenith schon bei 2000' absoluter Höhe 40 Proc. C. und steigert sich bei 12000' bis zu 92 Proc. C. Die meisten Beobachtungspunkte der obigen Tabelle befinden sich zwischen 6000 und 9000' und die cyanometrische Färbung des Himmels beträgt

bei 6000' 53 W., 47 C.

bei 9000' 74 W., 74 C.

Die beobachteten Farben an Schnee und Eis sind demnach nicht nur heller als die Farbe der Atmosphäre in der betreffenden Höhe, sondern erreichen nicht einmal das Blau über den Hochebenen am nördlichen Fulse der Alpen. Es war mir dies anfangs sehr überraschend, da die Firnhöhlen nur spärlich beleuchtet sind, was dunkle Farben erwarten liefs. Allein die Differenz zwischen der Helligkeit der Himmels- und Gletscherfarben ist so groß, daß ich, einmal durch das Instrument aufmerksam gemacht, auch mit bloßem Auge aufs deutlichste mich davon überzeugen konnte.

Die Farben der Oberfläche sind nach der herrschenden Beleuchtung sehr wechselnd; einmal (No. 5) erreichten sie beinahe das Blau eines mäfsig dunklen Firmamentes. Desto schöner ist es zu sehen, wie übereinstimmend die Helligkeit aller Vertiefungen ist; selbst an frisch gefallenem Schnee der Ebenen finden wir dieselbe schöne Farbe, wenn er nur hinlänglich tief ist. Die Höhendifferenz der Beobachtungspunkte (München 1500', Similaun 11000') ist so groß, und die Helligkeit so ähnlich und von ihr unabhängig (Niederjoch

derjoch 8000' 72 W. München 72 W.), dafs die Höhe von keinem Einflusse seyn kann.

Wir erhalten vielmehr als mittleres Resultat aus den sechs Beobachtungen an Vertiefungen

74,9 W. 24,3 C. 0,8 G.,

was wir als die eigenthümliche Farbe des Wassers im festen Zustande betrachten dürfen, welche aber, wie an vielen anderen Körpern, erst bei hinlänglicher Dicke sichtbar wird¹⁾.

Cohäsion des Eises.

Nachdem wir die Formen und Eigenschaften des Eises in kleineren Massen und am Gletscher betrachteten, so weit sie uns durch Beobachtung und Experiment zugänglich sind, müssen wir noch eine andere Eigenschaft des Eises untersuchen, die sich vorzüglich an der Masse im Grofsen bemerkbar macht, und mit der Erklärung der wichtigsten Erscheinungen am Gletscher innig zusammenhängt, nämlich den Grad der Verschiebbarkeit seiner Theile.

Es ist dies eine Eigenschaft, die in verschiedener Gröfse jedem festen Körper zukommt; wir erinnern, dafs man Glas zu pressen vermag, dafs es doppelt brechend wird, dafs das specifische Gewicht der Metalle durch Pressen oder Hämmern verändert wird u. s. w. Allein am Gletscher macht sich eine Verschiebbarkeit so entschieden bemerkbar, dafs man das Eis desselben beinahe als halbflüssig (Forbes) oder doch als plastisch (Agassiz) annahm. Die Erscheinungen, welche dazu veranlafst haben sind folgende:

- 1) Ueber die Farbe des Wassers vergl. Prof. Bunsen: *Colour of the water*. *Jameson new philos. Journ.* 1849 p. 95 und Martins, *Jamesons ph. Journ.* 43. 1847 S. 87. Zur Vervollständigung der physikalischen Eigenschaften des Eises mufs ich erwähnen, dafs das Eis nach den Untersuchungen von A. Erman (*Gilb. Ann.* Bd. XI, S. 165). die Elektricität nicht leitet, und dafs dasselbe nach den schönen Versuchen von Brunner (*Pogg. Ann.* Bd. 80, S. 173) ebenso wie der Wasserdampf stark diamagnetisch ist. Die Kürze dieser Mittheilung möge damit entschuldigt seyn, dafs diese Erscheinungen zu den Phänomenen am Gletscher in keinem näheren Zusammenhange stehen.

Der Gletscher geht auch durch Verengerungen des Thales in seiner ganzen Masse hindurch, während er als vollkommen starrer Körper, etwa durch Gleiten auf der Unterlage sich bewegend, durch solche Hindernisse unbeweglich festgehalten werden müßte.

Erreicht er dagegen eine Thalweitung, so nimmt er an Breite zu. Die einzelnen hierher gehörigen Beobachtungen werden uns bei den Fragen der Bewegung und der Structur beschäftigen ¹⁾.

Die abwechselnden Lagen von blauem und weißem Eise sind in der Nähe der Ufer vielfach gekrümmt und gebogen in ihrer Form, ganz analog den gewundenen Schichten des Schiefers. Diese treten überall auf, wo die Reibung und locale Hindernisse der Bewegung entgegenstehen.

Auch die Vertheilung der Bewegung ist hier zu berücksichtigen, denn der Gletscher zeigt an verschiedenen Punkten ungleiche Schnelligkeiten; er geht an der Oberfläche schneller als in der Tiefe (was sich aus der veränderten Stellung der blauen Bänder ableiten läßt), ferner in der Mitte schneller als am Rande.

Allein die Verschiebbarkeit der *Gletschermasse*, welche aus diesen Beobachtungen folgt, kann kaum als eine Eigenschaft des *Eises an sich* betrachtet werden. Es besitzt dieses ja wie Quarz, Glas und andere spröde Körper, einen scharfkantigen, entschieden muschligen Bruch. Wir können Blei, Gold u. s. w. durch härtere Metalle ritzen oder spitze Instrumente einführen ohne Bruchstücke zu erhalten, während das Eis dabei jedes Mal splittert, wenn wir die Vorsicht gebrauchen die Instrumente auf 0° abzukühlen; sonst wird die Beobachtung unmöglich, indem das Eis schmilzt. Auch die Risse, welche die blauen Bänder bedingen, die Spalten u. s. w. sprechen am Gletscher selbst für die Sprödigkeit des Eises. Vergleichen wir demnach Eis bei den uns gewöhnlichen Dimensionen mit anderen

- 1) Die Körnerauflockerung erstreckt sich, wie wir sahen, von der Oberfläche nur bis zu 3 Meter Tiefe. Der Gletscher kann demnach keineswegs als ein von Wasser durchtränktes Aggregat betrachtet werden.

Körpern, so können wir seine Zusammendrückbarkeit, die Verschiebbarkeit seiner Theile, nicht als vielmal bedeutender annehmen; ja es zeigt sich vielmehr als sehr spröder und zerbrechlicher Körper. Dieß scheinen auch einige directe Versuche zu bestätigen, welche ich über den Einfluß des Druckes auf die Zerspaltung des Eises im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus anstellte. Es sei mir erlaubt Demselben für seine gütige Theilnahme an diesen Versuchen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Als der angewandte Druck der hydraulischen Presse 150 Pfund auf den Quadratzoll betrug, begann die Zerspaltung rechtwinklich auf den beiden Platten der hydraulischen Presse, also in der Richtung des Druckes einzutreten; die Zerspaltung setzte sich bei Vermehrung des Druckes auch in anderen Richtungen rasch fort; es war unvermeidlich, daß das benutzte Eis einige Luftblasen enthielt, welche natürlich ebenfalls dazu beitrugen, die Zerdrückbarkeit etwas zu vermehren; ich muß jedoch bemerken, daß gerade das Gletschereis an letzteren sehr reich ist. Zur Beurtheilung der Sprödigkeit des Eises möge dienen, daß selbst schlecht gebrannte Ziegel 300 bis 400 Pfund Druck auf den Quadratzoll (preussisch) erlauben, während Porphyr 36200, Syenit 15200, Quarz 6100 Pfund Druck ertragen, ehe sie zerdrückt werden¹⁾.

Eine Verdichtung der Masse, ein Zusammendrücken derselben schien am Eise der Zersplitterung nicht oder nur in sehr geringem Grade voranzugehen. Sie hätte sich an der Formveränderung einiger eingeschlossener, runder Luftblasen durch Abplattung erkennen lassen.

Im Gletschereise selbst kommen zwar flache Luftblasen oft in großer Masse vor; sie scheinen größtentheils eine ursprünglich unregelmäßige Form derselben zwischen den Firnkörnern zu seyn; gegen ihre Entstehung durch Compression spricht nicht selten der Umstand, daß sie gewöhn-

1) Nach den Versuchen von Brix, Ganthey, Rondelet u. A. Ich verdanke den lithographirten Bericht über diese Versuche der gütigen Mittheilung des Hrn. geheimen Oberbaurathes Stüler in Berlin.

lich nur in kleinen Gruppen parallel sind, dagegen sehr oft in großer Nähe ganz verschiedene Richtungen zeigen.

Eine ähnliche feine Zersplitterung des Eises wird auch am Gletscher in großen angehäuften Massen durch die Menge der Luftblasen, welche die Zerbrechlichkeit wesentlich unterstützen, eintreten; sie scheint vorzüglich die Bewegung des Gletschers auf schroffen Ebenen möglich zu machen; sie erlaubt dabei durch den Einfluss der Reibung die größere Schnelligkeit an den dickeren Stellen, d. h. in der Nähe der Mitte, zu erklären. Die Bewegung selbst wird ebenfalls dazu beitragen die Zersplitterung zu vermehren durch die Hindernisse, welche ihm eine nicht glatte sondern stets raue und höckerige Unterlage entgegenstellt.

Der Infiltration scheinen diese Rifschen nicht zugänglich, sondern nur die (größeren) Haarspalten und Kanäle, welche gemeinschaftlich an Wassereis und Gletschereis durch die Einwirkung der äußeren Temperatur entstehen, und durch eintretende Luft, durch das circulirende Wasser und die Betheiligung der so zahlreich im Eise enthaltenen Luftblasen nach und nach erweitert werden. Diese Rifschen aber, welche durch den Druck und die Reibung hervorgebracht werden, sind demnach von der Körnerbildung unabhängig; ich bitte, sie nur als eine Voraussetzung zu betrachten, welche jedoch durch die Bewegung und Structur des Gletschers, andererseits durch die Sprödigkeit des Eises an sich, nicht unwahrscheinlich seyn dürfte. Dadurch scheint es zu geschehen, dass der Gletscher im Großen so sehr die Formen einer plastischen Masse nachahmt¹⁾, worauf zuerst die zahlreichen und vortrefflichen Beobachtungen von Forbes, Agassiz, Martins etc. aufmerksam gemacht haben. Ich bedaure, in dieser Abhandlung diese letzteren Erscheinungen nur in Kürze berühren zu können; bei der Untersuchung der speciellen Phänomene

- 1) Die ungleiche Schnelligkeit einzelner Theile, die veränderte Stellung der blauen Bänder und das Durchgehen der Gletscher durch Thalverengerungen macht eine Erklärung der Bewegung durch ein einfaches Rutschen oder Gleiten unmöglich.

des Gletschers werde ich Gelegenheit haben, ausführlicher darauf zurückzukommen¹⁾).

Resultate.

1) Gletscher- und Wassereis zerfallen unter dem wechselnden Einflusse von Wärme und Kälte in ganz identische Formen.

2) die Luftblasen betheiligen sich sehr wesentlich bei der Bildung der Körner und wirken auf die Gestalt aller freien Oberflächen ein.

3) Die deutliche Körnerbildung erreicht mit Ausnahme der blauen Bänder eine Tiefe von 3 Metern im Maximum. Die Infiltration aber dringt in unregelmässig vertheilten Kanälen und einzelnen Haarspalten noch weit tiefer ein.

4) Die im weissen Eise eingeschlossene Luft beträgt im Durchschnitte 6 Proc. Volumen.

5) Das Schmelzwasser absorbirt Luft bis zur Sättigung.

6) Die vom Wasser absorbirte Luft ist sauerstoffreicher, die beim Schmelzen des Eises austretende (der nicht absorbirte Rest) sauerstoffärmer als die Atmosphäre.

7) Die blaue Farbe der Vertiefungen in Schnee, Firn und Eis rührt nicht von reflectirtem Lichte des Firmamentes her, sondern ist die eigenthümliche Farbe des Wassers, im festen Zustande. Sie ist im Mittel identisch mit einem Gemenge von 74,9 Proc. Kremserweiss, 24,3 Proc. Kobalt und 0,8 Proc. gebranntem Ocker, daher stets heller als das Blau der Atmosphäre im Zenith für mittlere Breiten.

8) Das Eis zeigt überall, wo wir demselben begegnen, alle Eigenschaften eines festen ja sogar spröden Körpers. Jene Verschiebbarkeit der Masse, welche wir am Gletscher aus der Structur und Bewegung erkennen, scheint durch die feine Zersplitterung des Eises bedingt zu seyn, welche durch den Druck der bedeutenden Massen und ihre Reibung gegen die Unterlage entsteht.

1) Untersuchungen über die physik. Geographie der Alpen Cap. I. — VII.

II. Ueber den elektrischen Entladungsstrom in einem dauernd unterbrochenen Schließungsbogen; von Peter Riefs.

(Anzug. Berichte d. Akad. d. Wiss. 18. April 1850).

Bei den bisherigen Untersuchungen der elektrischen Entladung war der Schließungsbogen der Batterie entweder *voll*, das heist: durchweg aus guten Leitern zusammengesetzt, oder er war an einer Stelle durch Luft oder einen anderen schlechten Leiter *unterbrochen*. Im zweiten Falle wurde die Entladung von solcher Stärke genommen, daß sie den ganzen Bogen durchlief, indem sie die Lücke des unterbrochenen Bogens unter Funkenerscheinung durchbrach. Die Wirkungen der Entladung waren bei der einen und der anderen Beschaffenheit des Bogens sehr verschieden; man konnte aber auch, durch Steigerung der Dichtigkeit der entladenen Elektricitätsmenge, alle Erscheinungen des unterbrochenen Bogens im vollen hervorbringen. Darnach habe ich zwei Entladungsarten unterschieden, die im vollen Bogen vorkommen, die *continuirliche* Entladung, welche von einem Querschnitte des Bogens zum nächstfolgenden stetig fortgeht, und die *discontinuirliche*, bei welcher die Elektricität in einem Querschnitte stockt, auf einen entfernter liegenden Querschnitt durch Influenz wirkt und später die dazwischen liegende Masse des Bogens plötzlich durchbricht. Bei aller Verschiedenheit der Wirkung beider Entladungsarten treten aber einige unverkennbare Aehnlichkeiten ihrer Gesetze hervor; so die unveränderte Stärke des Entladungsstromes bei dem Glühen von Drähten verschiedener Länge und die Proportionalität des Stromes zum Quadrate des Querschnittes des glühenden Drahtes, welche beide Beziehungen sich den einfachen Wärmeformeln anschließen. Es war hiernach geboten, die beiden Momente der discontinuirlichen Entladung experimentell von einander zu trennen, die Wirkungen der Entladung in einem

dauernd unterbrochenen Schließungsbogen zu untersuchen, in einem Bogen also, in dem die Entladung an einem bestimmten Querschnitte stockt, ohne später die Lücke durchbrechen zu können.

Es war ein Condensator gebildet worden aus zwei vertical stehenden ebenen Messingscheiben, 81 Lin. Durchmesser, die parallel einander gegenüber standen und durch eine Guttapercha-Platte getrennt waren. Die eine Scheibe wurde durch einen Draht mit der äußeren, die andere mit der inneren Belegung einer geladenen Batterie verbunden. Man unterscheidet hiernach an den Schließungsbogen einen äußeren Draht und eine äußere Scheibe, eine innere Scheibe und einen inneren Draht; der Uebergang von Elektricität aus der Batterie in die beiden Scheiben soll, der Kürze wegen, mit Entladung der Batterie bezeichnet werden. Als in den inneren oder äußeren Draht Platinspitzen eingeschaltet wurden, die durch einen mit Jodkaliumlösung genähten Papierstreifen verbunden waren, zeigte die durch die Entladung hervorgebrachte Zersetzung im zweiten Theile des Schließungsbogens einen Strom an von derselben Richtung, wie wenn die Unterbrechung durch den Condensator nicht vorhanden gewesen wäre. Die Dichtigkeit der Elektricität in diesem Strome hatte ein constantes Verhältniß zu der elektrischen Dichtigkeit der Batterie, denn die Beobachtung der Schlagweite im äußeren Drahte zeigte diese proportional dem Quadrate der Dichtigkeit in der Batterie.

Um eine thermische Wirkung des Stromes, und damit ein Maass seiner Stärke zu erhalten, mußte der Condensator bedeutend vergrößert werden; dies geschah, indem an seine Stelle mehrere zu einer Batterie vereinigte Flaschen gesetzt wurden, die im Folgenden als Condensatorflächen bezeichnet werden. Diese Einschaltung einer ungeladenen Batterie in den Schließungsbogen einer geladenen ist bereits von Hrn. Dove ausgeführt worden ¹⁾, der damit die Wirksamkeit des hier betrachteten Stromes und die merkwürdige Thatsache aufgefunden hat, dafs ein nas-

1) Berichte d. Akad. 1814. 354 — 1846. 366.

ser Faden, in den inneren Draht eingeschaltet, die im äusseren Drahte beobachtete Wirkung des Stromes wesentlich verändert.

Stromstärke nach der Oberfläche des eingeschalteten Condensators. Die Formel, welche diese Abhängigkeit ausdrückt, ergibt sich folgendermassen. Die an einer Stelle eines constanten Schliessungsbogens durch die Batterieentladung erregte Wärme hat den allgemeinen Ausdruck $\theta = a q, y$, wo y die Dichtigkeit, q , die Menge der Elektricität bezeichnet, die aus der Batterie in den Schliessungsbogen eingetreten ist. Bei einer vollen Schliessung ist diese eintretende Menge, wie früher gezeigt worden ist, stets proportional der Menge q , die sich in der Batterie befindet; es konnte daher, da a eine willkürliche Constante bezeichnet, überall bisher q , mit q vertauscht werden. Diefs ist nicht erlaubt, bei der Einschaltung eines Condensators in den Schliessungsbogen, weil die von einem Condensator aufgenommene Elektricitätsmenge eine Function seiner Gröfse ist. Diese Function ist, wie ich bei der Untersuchung des Condensators gezeigt habe, im Allgemeinen nicht anzugeben. In dem vorliegenden Falle, wo Batterie und Condensator aus unter sich gleichen Flaschen bestehen, deren Anzahl allein geändert wird, hat die Prüfung gezeigt, dafs die Vertheilung der Elektricität sehr nahe im Verhältnisse der Oberflächen von Batterie und Condensator geschieht. Es bezeichne l die Gröfse der inneren Belegung einer Batterieflasche, s die Anzahl dieser Flaschen, f die Belegung einer Condensatorflasche, c die Anzahl, so geht von einer in der Batterie befindlichen Elektricitätsmenge q , auf den Condensator die Menge $\frac{fcq}{s+fc}$ über. Diefs ist offenbar die im inneren Drahte bewegte Elektricitätsmenge, deren Dichtigkeit der elektrischen Dichtigkeit gleich ist. Setzt man daher in $\theta = a q, y$ für q , den gefundenen Werth, für y den bekannten Werth $\frac{q}{s}$, so erhält man, da a eine willkürliche Constante bezeichnet,

$$\theta = \frac{aq^2}{\left(\frac{s}{c} + f\right)s}$$

für die Erwärmung in einem unterbrochenen Schließungsbogen durch die Entladung einer Batterie von s Flaschen, die mit der Elektrizitätsmenge q geladen ist, wenn der eingeschaltete Condensator aus c Flaschen besteht. Die Belegung der von mir angewandten Batterief flasche betrug nahe 2,6, die der Condensatorflasche 1,5 □ Fufs so dafs bei der Anwendung der Formel überall $f=0,577$ gesetzt worden ist. Die Formel hat sich allen beobachteten Erwärmungen an einer constanten Stelle sowohl des inneren als des äusseren Schließungsbogens vollkommen angeschlossen.

Stromstärke nach der Beschaffenheit des Schließungsbogens. Wenn die Erwärmung an einer Stelle des Schließungsbogens untersucht, und dann zu dem Bogen ein Draht hinzugesetzt wird, dessen Länge l , Radius r , und dessen, von seinem Metalle abhängige, Verzögerungskraft x ist, so wird die Erwärmung durch die Formel ausgedrückt

$$\theta = \frac{aq^2}{(1+bV)\left(\frac{s}{c} + f\right)s},$$

worin $V = \frac{lx}{r^2}$ und die Constante b empirisch bestimmt werden mufs. Bei der Bestätigung dieser Formel durch die angestellten Beobachtungen wurde der Werth von b etwas gröfser gefunden bei Einschaltung der Drähte in den äufseren, als bei Einschaltung in den inneren Schließungsbogen, so dafs also ein und derselbe Draht den Entladungsstrom weniger schwächt, wenn er zu dem inneren, als wenn er zu dem äufseren Bogen hinzugesetzt wird. Muthmafslich ist dieser geringe Unterschied bei der Aenderung des Stromes kein wesentlicher, sondern rührt davon her, dafs in allen angestellten Versuchen der äufserer Schließungsbogen zur Erde vollkommen abgeleitet, der innere hingegen isolirt war.

Stromstärke im inneren und äusseren Schliessungsbogen.
 Von zwei gleichen Drähten wurde der eine in den inneren, der andere in den äusseren Schliessungsbogen befestigt; die aus einer Beobachtungsreihe berechnete Erwärmung des ersteren Drahtes verhielt sich zu der des zweiten wie 559 zu 509. Diefs Verhältniss ist von dem Glase und der Oberfläche der Batterie- und Condensator-Flasche abhängig; aber wesentlich ist, dass die Stromstärke im inneren Drahte grösser sey, als im äusseren. Es bezeichne m das Verhältniss der Influenzelektricität zu der erregenden Elektricität auf den Belegungen der Batterieflasche, eine gleiche Bedeutung habe μ in Bezug auf die Condensatorflasche. Durch die Entladung sey von der inneren Belegung der Batterie die Elektricitätsmenge $+1$ fortgegangen, so verliert die äussere Belegung die Menge $-m$. Erhält die innere Belegung des Condensators die Menge $+1$, so geht von seiner äusseren $+\mu$ fort, und ebenso muss, da seine äussere Belegung die Menge $-m$ aufnimmt, von seiner inneren $-m\mu$ fortgehen. Es sind daher auf dem inneren Schliessungsbogen in Bewegung die Mengen $+1$ und $-m\mu$, auf dem äusseren die Mengen $+\mu$ und $-m$. Da nun $(1+m\mu) - (m+\mu) = (1-m)(1-\mu)$, die Grössen m und μ aber stets kleiner als 1 seyn müssen, so ist $1+m\mu$ stets grösser als $m+\mu$, das heisst, es ist auf dem innern Bogen eine grössere Elektricitätsmenge in Bewegung, als auf dem äusseren. Es ist dabei noch zu berücksichtigen, dass, wie sich sogleich zeigen wird, die Elektricitätsmenge auf dem äusseren Bogen zu groß angesetzt worden ist.

Die Seitenentladung an dem unterbrochenen Schliessungsbogen. Bei der Seitenentladung im vollen Schliessungsbogen ¹⁾ ist die Länge des Funkens im Seitendrahte dem Quadrate der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie proportional und desto kleiner gefunden worden, je weiter entfernt von dem Ende des Schliessungsbogens, das die innere Belegung der Batterie berührt, die Seitenentladung

1) Abhandlungen d. Akad. 1849. Berichte S. 46.

beobachtet wurde. Zugleich blieb der isolirte Seitendraht stets mit der Elektrizitätsart geladen zurück, die sich im Inneren der Batterie befand. Die Untersuchung der Erscheinung am unterbrochenen Bogen gab dieselben Bestimmungen mit alleiniger Ausnahme, daß, wenn die Seitenentladung am äußeren Bogen hervorgebracht war, der Seitendraht die der Elektrizität der Batterie entgegengesetzte Art zeigte. Es mögen m und μ die im vorigen Abschnitte angegebene Bedeutung haben. Geht die Elektrizitätsmenge $+p$ aus der innern Belegung der Batterie fort und nimmt die innere Belegung des Condensators die Menge $+p_1$ auf, so sieht man leicht, daß auf dem äußeren Schließungsbogen die Mengen $\mu p_1 - mp$ vorhanden waren. Da nun diese Summe, wie sich aus der Seitenentladung entnehmen ließe, selbst in dem Falle negativ blieb, wo, durch Anwendung von zwei Flaschen der Batterie als Condensator, $m = \mu$ war, so folgt, daß p_1 kleiner als p seyn mußte, also nur ein Theil der aus der Batterie entladenen Elektrizitätsmenge in den Condensator übergegangen war. Der übrige Theil war auf dem inneren Schließungsbogen zurückgeblieben; von der im vorigen Abschnitte auf dem äußeren Bogen in Bewegung angenommenen Elektrizitätsmenge muß daher $\frac{p-p_1}{p} \mu$, eine in allen Fällen positive GröÙe, abgezogen werden.

Stromstärke bei Einschaltung von zwei Condensatoren in die Schließung. Die Einschaltung eines Drahtes in einen Theil des unterbrochenen Schließungsbogens verlängert, wie die oben angeführte Formel lehrt, die Dauer des Entladungstromes; es war die Frage, ob die Einschaltung eines zweiten Condensators denselben Erfolg haben werde. Hierzu wurde zuerst die Erwärmung an einer constanten Stelle des inneren wie des äußeren Schließungsbogens beobachtet, wenn nur ein Condensator, und wenn hinter diesem ein zweiter Condensator im Schließungsbogen vorhanden war. Alsdann wurde, durch Bestimmung der Schlagweite des dem Innern der Batterie nächsten Condensators,

die in beiden Fällen aus der Batterie entladene Elektrizitätsmenge gemessen. Diese Messung bestätigte nebenbei die zu Anfang gemachte Annahme der Vertheilung der Elektrizität nach der Oberfläche der Batterie und des Condensators. Das Verhältniß der im Schließungsbogen bewegten Elektrizitätsmengen erklärte die bedeutende Verringerung der Erwärmung, die der zweite Condensator durch seine Einschaltung hervorgebracht hatte. — In dem Ausdrucke $\frac{q_1 y}{1 + bV}$, der für die Stärke des Entladungstromes in einem durch einen constanten Condensator unterbrochenen Bogen gilt, hängt im Allgemeinen der Zähler von der Ladung der Batterie, der Nenner von der Beschaffenheit des Schließungsbogens ab. Die Einschaltung eines zweiten Condensators hat das Eigenthümliche, daß durch sie nur q_1 (die aus der Batterie entladene Elektrizitätsmenge) geändert wird, und diese Einschaltung daher einer Aenderung der Ladung der Batterie gleichzusetzen ist.

Die beobachteten Wirkungen der Entladung im dauernd unterbrochenen Schließungsbogen schliessen sich, unter Berücksichtigung der verschiedenen Bedingungen, so genau den Wirkungen im vollen Bogen und ihren Gesetzen an, daß sich in beiden Fällen derselbe Mechanismus der Entladung ¹⁾ voraussetzen läßt. Es muß auch hier die Gesamtentladung aus einer großen Menge von Partialentladungen zusammengesetzt seyn, von welchen jede so lange dauert, bis der elektrische Zustand des Schließungsbogens an jedem seiner Enden, welche die Belegungen der Batterie berühren, das andere Ende erreicht hat. Eine Verzögerung der Fortschreitung dieses Zustandes an einer Stelle des Bogens muß die Dauer jeder Partialentladung und damit die der Gesamtentladung verlängern. Hierdurch ist die Abhängigkeit der Wirkung der Entladung in dem einen Theile des Schließungsbogens von der Beschaffenheit des anderen Theiles um Nichts auffallender, als die Abhängigkeit des

1) Pogg. Annal. Bd. 78, S. 433.

Entladungsstromes von jedem Theile eines vollen Bogens. Unabhängig von dem Fortschreiten der beiden Elektricitäten in der Masse des Bogens ist die Anordnung des Ueberschusses an Elektricität auf seiner Oberfläche; dies tritt hier noch evidenter als bei dem vollen Bogen hervor, indem trotz des überall gleichen Stromes die angehäuften Elektricität im inneren Bogen positiver, im äußeren negativer Art ist. Der Unterschied des Stromes im vollen und im unterbrochenen Bogen ist daher nur der, daß im letzteren die Menge der bewegten Elektricität nicht nur durch die Batterie, sondern auch durch die Untersuchungsstelle bestimmt wird, und daß diese Menge während ihrer Bewegung an der Unterbrechungsstelle selbst eine Verringerung erleidet. Werden mehrere Condensatoren hinter einander in den Schließungsbogen eingeschaltet, so durchläuft der Entladungsstrom alle einzelne Drähte, die entweder eine Belegung der Batterie mit einem Condensator, oder zwei Condensatoren mit einander verbinden. Nach der einen Richtung wird in den aufeinander folgenden Drähten die positive Elektricität, nach der anderen die negative abnehmen, so daß an den beiden Drähten, welche die Belegungen der Batterie berühren, der eine die größte Menge positiver und die kleinste negative Elektricität erhält, in dem anderen das entgegengesetzte Verhalten stattfindet. Diese Abnahme ist jedoch keine, der Vorstellung dieser Entladungsweise wesentliche Bedingung; sie hängt von der Entfernung je zweier Condensatorscheiben ab und fällt fort, wenn wir uns diese einander unendlich nahe gerückt denken. In diesem Falle giebt der beschriebene Vorgang eine anschauliche Vorstellung der *continuirlichen* Entladung. Läßt man andererseits zwei Condensatorscheiben in endlicher Entfernung von einander, steigert aber die Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie, so daß der Zwischenraum zwischen den Scheiben durchbrochen wird, so erhält man die *discontinuirliche* Entladung. Es folgt hieraus, daß jeder discontinuirlichen Entladung eine Entladung mit unterbrochenem Bogen vorangeht, die, nach der vorliegenden Unter-

suchung, ähnliche Wirkungen wie die continuirliche Entladung hervorbringt. Dieser Umstand erklärt die zu Anfange aufgeführten Gesetze, welche die discontinuirliche Entladung mit der continuirlichen gemein hat.

Der getrennte Entladungsstrom. In der vorliegenden Untersuchung waren die Scheiben oder Belegungen des Condensators, der den Schließungsbogen unterbrach, einander sehr nahe gestellt gewesen; entfernt man sie immer mehr von einander, so wird die Wirkung der einen Scheibe auf die andere immer kleiner und zuletzt unmerklich. Auch in diesem Falle ist in beiden Drähten ein elektrischer Strom vorhanden, von dem man sich leicht durch Einschaltung eines Zersetzungsapparates überzeugt. Dieser Strom, der als getrennter Strom bezeichnet werden kann, entsteht durch die allen Entladungsströmen wesentliche Bedingung, durch den Ladungszustand der Batterie und die, durch die beiden Drähte abwechselnd bewirkte, Aufhebung und Wiederherstellung dieses Zustandes. Die Zerfällung der Gesamtentladung in ihre Partialentladungen erklärt auch hier den beobachteten Einfluss, den die Beschaffenheit jedes der beiden Drähte auf den Strom äußert. Die erste Partialentladung besteht darin, dass der innere Draht durch Fortführung eines Elektrizitätsquantum aus dem Inneren der Batterie den Ladungszustand aufhebt und der äußere Draht durch Fortschaffung eines entsprechenden Quantum von der äußeren Belegung der Batterie diesen Zustand wiederherstellt. Erst wenn beide Drähte wieder unelektrisch geworden, kann die zweite Partialentladung folgen; es muss daher die Dauer der Gesamtentladung von der Beschaffenheit jedes der beiden Drähte abhängen. Die beiden Leiter (früheren Condensatorscheiben) an den Enden der Drähte haben auf die Dauer des Stromes keinen Einfluss, bestimmen aber die Elektrizitätsmenge, die während der ganzen Entladung aus der Batterie fortgeführt wird. Sind die beiden Leiter in Bezug zur Batterie sehr groß, so wird die Batterie vollständig entladen und man erhält dann in jedem der beiden Drähte alle Wirkungen, die sich an ei-

nem vollen Schließungsbogen zeigen. — Die äußere Belegung einer Batterie wurde mit den Gasröhren des Hauses verbunden, die innere mit einem Drahte berührt, der isolirt bis zum Erdboden geführt und mit seinem Ende darin versenkt war. Hier konnten die Erwärmungen im Drahte und ihre gesetzmäßige Abhängigkeit von der Stärke der Ladung der Batterie aufgezeigt werden. Gegen eine Deutung dieses Versuches, als ob die zwischen den Enden der beiden Drähte liegende Erdschicht eine vollkommene Schließung der Batterie bewirke, da zwar die Erdmasse specifisch schlecht leite, hier aber mit einem außerordentlich großen Querschnitte eintrete, sprechen nicht nur frühere Erfahrungen über die Entladung der Batterie, sondern auch bei dem Versuche selbst auftretende Erscheinungen, die sich mit jener Annahme nicht vereinigen lassen.

In Bezug auf den voltaischen Strom sind, bei Gelegenheit der elektrischen Telegraphen, zwei verschiedene Annahmen gemacht worden. Man hat die Erdmasse zwischen den Enden eines gerade ausgespannten, viele Meilen langen, Drahtes, in den eine voltaische Batterie eingeschaltet ist, theils als eine die Batterie schließende Verbindung angesehen, theils als eine Ableitung für die Elektricität beider Pole, was man durch die Bezeichnung des Erdkörpers als *reservoir commun* auszudrücken scheint. Wurde die Erde als verbindender Leiter angesehen, so mußte ihr Widerstand bestimmt, das heißt die Länge eines bekannten Drahtes angegeben werden, dessen Einschaltung den Strom ebenso verringert, wie die Einschaltung des Erdkörpers. Dieser Widerstand ist verschieden angegeben und zuletzt auf eine Größe formulirt worden, die nur von der Größe der Berührung zwischen Metallleiter und Erdreich abhängt und von der Entfernung der Enden der Metallleiter unabhängig ist. Daneben hat man durch telegraphische Versuche die Zeit der Fortpflanzung der Entladung in der Erde zu bestimmen gesucht und von der Entfernung der Drahtenden abhängig zu finden geglaubt, und den Versuch ausgeführt, von der Erde einen Zweigstrom in Drähten zu erhalten. Dieser

letzte Versuch, dessen Thatsächlichkeit nicht zu bezweifeln ist, widerspricht aber nach den Gesetzen der Zweigströme der Annahme, daß die Erde ein die Batterie schließender Leiter sey, während er die entgegengesetzte Annahme zwar nicht unterstützt, ihr aber nicht widerstreitet. Diese mehrfachen Widersprüche dürften schon für sich der Meinung den Vorzug geben lassen, daß auch bei dem voltaischen Strome keine Leitung von einem Drahtende zu dem andern durch die Erde stattfindet, und die hier angestellte Untersuchung der Erscheinungen der Reibungselektricität die richtige Erklärung an die Hand geben. Hiernach ist der voltaische Strom im elektrischen Telegraphendraht als ein getrennter Strom, und die Erdschichten an den Enden des Drahtes sind als zwei für sich wirkende Ableitungen anzusehen, bei welchen es gleichgültig ist, daß sie Theile des zusammenhängenden Erdkörpers sind.

III. *Abänderung der Laplace'schen Barometerformel.*

Um des Gebrauchs von Logarithmen- und anderen Tafeln überhoben zu seyn, schlägt Hr. Babinet vor, statt der Laplace'schen Barometerformel

$$z = 18393^m (\log H - \log h) \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000} \right]$$

die folgende anzuwenden:

$$z = 16000^m \frac{H-h}{H+h} \left[1 + \frac{2(T+t)}{1000} \right].$$

Sie ist indess nur für Höhen unter 1000 Meter gültig; für größere Höhen, und wenn man sich mit keiner Approximation begnügen kann, hat man eine intermediäre Station zu Hülfe zu nehmen. (*Compt. rend. T. XXX. p. 309*).

IV. *Berichtigung der von Rudberg berechneten
Axenwinkel der zweiaxigen Krystalle;
von E. Wilde.*

Hauptsächlich in der Absicht, die Fresnel'sche Theorie der doppelten Brechung zu prüfen, hat Rudberg bekanntlich für einige zweiaxige Krystalle die Winkel, die von den beiden optischen Axen gebildet werden, nach dieser Theorie berechnet, und die Resultate der Rechnung mit seinen Messungen verglichen ¹⁾. Bei dem Arragonit findet er aber zwischen der Rechnung und Beobachtung eine Differenz von 2°, und bei dem farblosen Topas sogar eine Differenz von mehr als 8°. Rudberg sucht zwar diese so bedeutenden Differenzen, beim Arragonit wenigstens, daraus zu erklären, daß bei den Messungen die Stellen der beiden Axenpole sich nicht genau erkennen lassen; man würde indess, wenn die Fresnel'sche Theorie durchgängig und bei allen Krystallen Fehler von solcher Größe zuliesse, nicht jeden Zweifel an ihrer Wahrheit unterdrücken können. So verhält es sich aber nicht, sondern Rudberg hat hier vielmehr die Fresnel'sche Theorie nicht in ihrem wahren Sinne angewandt.

Werden mit v und v' die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden, senkrecht auf einander polarisirten Strahlen von beliebiger Richtung bezeichnet, in welche sich ein einfallender bei seinem Eintritte in die zweiaxigen Krystalle spaltet, und sind ε und ε' die Winkel zwischen diesen Strahlen und den optischen Axen, so hat man, sagt Rudberg, im Sinne der Emanationstheorie für die Geschwindigkeit des einen Strahles die Gleichung:

$$(1) \quad v^2 = A + B \sin^2 \frac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon'),$$

in welcher A und B Constante sind, und für die des andern die Gleichung:

1) Diese Annalen Bd. 17, S. 1.

$$(2) \quad v'^2 = A + B \sin^2 \frac{1}{2} (\varepsilon + \varepsilon'),$$

in Folge der Fresnel'schen Theorie zu nehmen. Wollte man aber die Geschwindigkeiten *im Sinne der Undulationstheorie* berechnen, so müsste man in diesen Formeln $\frac{1}{v}$ und $\frac{1}{v'}$ statt v und v' setzen. Weil sie jedoch, im Sinne der Emanationstheorie angewandt, einfacher sind, und weil dann zugleich die Geschwindigkeiten der Strahlen in den Krystallen durch die Brechungsexponenten selbst angegeben werden, sobald ihre Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen ist: so wolle er seine Rechnungen lieber für die Emanationstheorie durchführen.

Rudberg hatte, um die zur Berechnung des Axenwinkels erforderlichen Brechungsexponenten zu bestimmen, drei Arten von Prismen aus dem Arragonit schleifen lassen. In der einen Art, welche ich das Prisma *P* nennen will, war die Kante des brechenden Winkels parallel mit der *Mittellinie* (Fig. 1. Taf. IV.) dd' , welche den spitzen Winkel $\alpha\gamma\alpha = \alpha$ der beiden optischen Axen $\alpha\gamma$ und $\gamma\alpha$ halbirt. In der anderen Art, die das Prisma *Q* heißen soll, war die brechende Kante parallel mit der Linie ff' , die senkrecht steht auf der Mittellinie dd' . In der dritten Art endlich, welche ich das Prisma *R* nennen will, war die brechende Kante parallel mit einer Linie, die man senkrecht auf der Ebene der Axen (der Ebene der Zeichnung) in c zu denken hat.

Für das Prisma *P*, dessen brechende Kante parallel mit der Mittellinie dd' ist, stellt ff' den Durchschnitt der auf der Ebene der Zeichnung senkrechten Durchgangsebene der beiden gebrochenen Strahlen vor, und es ist in diesem Falle jedesmal die Summe der Winkel $\varepsilon + \varepsilon' = 180^\circ$. Denn ist sc die Richtung des einen oder anderen Strahles in der durch ff' gehenden und auf der Zeichnung senkrechten Ebene, sind also die Bogen sx und sy die Maasse der Winkel ε' und ε , so ist, wenn man den Bogen ε um den Bogen sz zu 180° ergänzt, der Bogen sx so groß, als sz . In den beiden sphärischen Dreiecken $cfsx$ und $cfsz$ ist

nämlich der Winkel sef derselbe, ferner der Winkel $fca = f'cy = fcz$, und der Neigungswinkel der Ebene cfs gegen die Ebene der Axen in beiden Dreiecken ein rechter. Man hat also $\varepsilon + s\varepsilon = 180^\circ = \varepsilon + s\varepsilon = \varepsilon + \varepsilon'$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = 180^\circ - 2\varepsilon'$, und aus (1) und (2):

$$(3) \quad v^2 = A + B \cos^2 \varepsilon'$$

$$(4) \quad v'^2 = A + B,$$

so daß v' in diesem Falle constant ist.

Für das Prisma Q , in welchem die brechende Kante parallel mit ff' ist, und die Durchgangsebene der gebrochenen Strahlen durch die Mittellinie da' geht, sind offenbar die beiden Winkel ε und ε' jedesmal gleich. Es ist daher für dies Prisma:

$$(5) \quad v^2 = A$$

$$(6) \quad v'^2 = A + B \sin^2 \varepsilon',$$

in diesem Falle also die Geschwindigkeit v constant.

Für das Prisma R endlich, in welchem die brechende Kante senkrecht auf der Ebene der Axen steht, die auf dieser Kante senkrechte Durchgangsebene der gebrochenen Strahlen also in die Ebene der Axen fällt, ist jedesmal $\varepsilon = \varepsilon' + \alpha$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = \alpha$, und $\varepsilon + \varepsilon' = 2\varepsilon' + \alpha$, mithin

$$(7) \quad v^2 = A + B \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$(8) \quad v'^2 = A + B \sin^2 \left[\varepsilon' + \frac{\alpha}{2} \right],$$

und in diesem Falle, wie im zweiten, die Geschwindigkeit v constant, weil der Axenwinkel α einen constanten Werth hat.

In einem der beiden Spectra haben also für jedes der drei Prismen die Strahlen eine constante Geschwindigkeit, und zwar sind in Folge der Fresnel'schen Theorie diese Strahlen von constanter Geschwindigkeit jedesmal diejenigen, in denen die Aethervibrationen parallel mit der jedesmaligen brechenden Kante erfolgen. Rudberg konnte daher dies Spectrum von dem anderen mit veränderlicher Geschwindigkeit der Strahlen durch eine Turmalin-

platte, die vor das Ocular des Fernrohres gebracht war, durch welches die Farben der Spectra betrachtet wurden, leicht unterscheiden, da eine solche Platte bekanntlich nur die mit ihrer Axe parallelen Aethervibrationen durchläßt. Das Spectrum, welches sichtbar blieb, wenn die Axe des Turmalins parallel mit der brechenden Kante gehalten wurde, entstand nämlich jedesmal durch Strahlen von constanter Geschwindigkeit.

Mit seiner unübertroffenen Sorgfalt bestimmte nun Rudberg die Brechungsexponenten für die Strahlen von constanter Geschwindigkeit in jedem der drei Arragonitprismen *P, Q, R* nach derselben Methode, nach welcher er auch die Brechungsexponenten des Kalkspaths und Bergkrystalls gefunden hatte, für jede der sieben Fraunhofer'schen Linien besonders, und erhielt z. B. für die Linien *H, E, D, B* die Werthe so, wie sie in folgender Tabelle angegeben sind:

Arragonit. Brechungsexponenten der Strahlen von constanter Geschwindigkeit			
Strahl.	im Prisma <i>P</i> .	im Prisma <i>Q</i>	im Prisma <i>R</i> .
<i>H</i>	1,54226	1,71011	1,70509
<i>E</i>	1,53264	1,69084	1,68634
<i>D</i>	1,53013	1,68589	1,68157
<i>B</i>	1,52749	1,68061	1,67631

Bezeichnet man mit Rudberg den Brechungsexponenten für das erste Prisma und für die gelben Strahlen, die zur Linie *D* gehören, mit n' , für das zweite mit n'' , und für das dritte mit n''' , so hat man also im Sinne der *Emanationstheorie* aus (5):

$$n'''^2 = 1,68589^2 = 2,84222 = A,$$

ferner aus (4):

$$n'^2 = 1,53013^2 = 2,34129 = A + B, \text{ woraus}$$

$$B = n'^2 - n'''^2 = -0,50093,$$

endlich aus (7):

$$n''^2 = 1,68157^2 = 2,82768 = A + B \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

so daßs

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \left[\frac{n'^2 - n''^2}{n'^2 + n''^2} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{1454}{50093} \right]^{\frac{1}{2}} = \sin 9^\circ 48',$$

und der ganze Axenwinkel $\alpha = 19^\circ 36'$. Werden die Axenwinkel auch für die anderen Fraunhofer'schen Linien in derselben Weise berechnet, so bekommt man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Arragonits.
<i>H</i>	20° 25'
<i>E</i>	19 53
<i>D</i>	19 36
<i>B</i>	19 44

An einer Arragonitplatte, deren parallele Oberflächen (Fig. 2. Taf. IV.) *AB* und *ab* senkrecht gegen die Ebene der optischen Axen *PQ* und *pq* geschliffen waren, fand nun Rudberg durch wiederholte Messungen den *scheinbaren* Winkel $phP = \beta$ der optischen Axen (den Winkel, den die in der Richtung der Axen durch den Krystall gehenden Strahlen nach ihrer Brechung in die Luft mit einander bilden) ungefähr 32° . Es muß sich also, wenn die Messungen mit der Theorie übereinstimmen, aus den vorstehenden *wahren* Axenwinkeln $pcP = \alpha$ (die von den Axen im Krystall wirklich gebildet werden) eben dieser scheinbare Winkel ergeben.

Die Geschwindigkeiten der beiden Strahlen, die in der Richtung einer jeden der beiden Axen den Krystall durchdringen, sind nicht bloß constant, sondern auch gleich, indem dann aus (1) und (2) für $\varepsilon' = 0$ und $\varepsilon = \alpha$:

$$v^2 = v'^2 = A + B \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Diese beiden Strahlen, die längs jeder Axe eben deshalb ungetrennt fortgehn, weil ihre Geschwindigkeit eine gleiche ist, spalten sich jedoch bei ihrem Austritte in die Luft in *P* und *p*, und es befolgt nur der eine von ihnen, dessen Vibrationen der brechenden Kante parallel sind, das Gesetz des Snellius. Da die Durchgangsebene beider Strah-

len hier in der Ebene der optischen Axen liegt, so muß man für $\alpha = 19^\circ 36'$ den zu D gehörigen Brechungsexponenten $n'' = 1,68157$ des Prisma R nehmen, und hat daher für diesen in gewöhnlicher Art gebrochenen Strahl:

$$\sin dph = \sin \frac{\beta}{2} = n'' \sin qpe = n'' \sin \frac{\alpha}{2} \\ = 1,68157 \sin 9^\circ 48' = \sin 16^\circ 38',$$

so daß $\beta = 33^\circ 16'$. Berechnet man in dieser Weise noch die scheinbaren Winkel für H , E und B , so erhält man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete scheinbare Axenwinkel des Arragonits.
H	$35^\circ 10'$
E	$33 \quad 51$
D	$33 \quad 16$
B	$33 \quad 24$

so daß der Mittelwerth ungefähr 34° beträgt, und die Beobachtung von der Rechnung um etwa 2° abweicht.

Rudberg, der als den Grund dieser Differenz die Unsicherheit ansieht, die von der Messung der scheinbaren Axenwinkel untrennbar ist, sucht die Ursache dieser Unsicherheit besonders darin, daß die beiden Strahlen, die in den Krystallen längs jeder Axe sich ungespalten fortbewegen, bei dem Austritte in die Luft sich trennen. So berechnet er für die Stelle H des Spectrums den Winkel, um den sie beim Arragonit getrennt werden, auf $2^\circ 7' 20''$. Bei den Messungen werden aber die Axenpole in der Mitte der weissen, von farbigen Ringen umgebenen Curven genommen, und hier würde man die Axenpole auch wirklich sehn, wenn die beiden Strahlen, die ungetrennt längs jeder Axe durch den Krystall gingen, in Richtungen, die denen der einfallenden parallel sind, austreten würden. Da aber die austretenden Strahlen divergiren, so entstehe eben hierdurch die große Ungenauigkeit in der Bestimmung der scheinbaren Axenwinkel.

In derselben Weise, wie bei dem Arragonit, bestimmte Rudberg mittelst der Prismen P , Q , R auch die Brechungs-

exponenten für den farblosen Topas, und fand für dieselben folgende Werthe:

Topas.

Brechungs-exponenten der Strahlen von constanter
Geschwindigkeit

Strahl.	im Prisma P.	im Prisma Q.	im Prisma R.
<i>H</i>	1,63506	1,62539	1,62745
<i>E</i>	1,62408	1,61452	1,61668
<i>D</i>	1,62109	1,61161	1,61375
<i>B</i>	1,61791	1,60840	1,61049

woraus sich die Axenwinkel für eben diese Strahlen ergeben, wie folgt:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Topas.
<i>H</i>	54° 54'
<i>E</i>	56 40
<i>D</i>	56 37
<i>B</i>	55 52

Als Mittelwerth erhält man also 56°. Brewster aber hat den wahren Winkel der optischen Axen im Topas = 65°, und Biot ihn = 64° 14' gefunden, so daß die Differenz hier 8 bis 9 Grade beträgt.

Da es mir nicht wahrscheinlich schien, daß der von Rudberg angegebene Grund so große Differenzen in den berechneten und beobachteten Axenwinkeln zur Folge haben könne, so unterwarf ich die vorstehenden Rechnungen einer genaueren Prüfung, und überzeugte mich durch dieselbe, daß Rudberg die Fresnel'schen Gleichungen nicht in ihrer wahren Bedeutung genommen habe, daß aber, wenn dies geschieht, die Theorie im Einklange mit den Beobachtungen ist, wie aus dem hier Folgenden hervorgehn wird.

Fresnel, der seine Theorie der doppelten Brechung nicht im Sinne der Emanations-, sondern vielmehr in dem der Undulationstheorie durchgeführt hat, giebt, wenn die Buchstaben σ , σ' , ε , ε' die vorige Bedeutung behalten, für

die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt polarisirten Strahlen, in welche sich ein einfallender in den zweiaxigen Krystallen spaltet, die Ausdrücke an ¹⁾:

$$(9) \quad v^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \frac{1}{2}(\varepsilon - \varepsilon')$$

$$(10) \quad v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \frac{1}{2}(\varepsilon + \varepsilon'),$$

die zugleich die Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt polarisirten Strahlen in den einaxigen Krystallen umfassen.

Für die *einaxigen* Krystalle fallen nämlich die beiden Axen, auf welche sich diese Gleichungen beziehen, in eine einzige, folglich auch die beiden Winkel ε und ε' in einen gleichen Werth φ zusammen, und so gehen die Gleichungen in diesem Falle in die Formen über:

$$(11) \quad v^2 = b^2$$

$$(12) \quad v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \varphi,$$

so daß $v=b$ die in allen Durchgangsrichtungen durch die Krystalle stets gleich bleibende Geschwindigkeit der sogenannten *gewöhnlichen* (*ordinären*), und v' die in verschiedenen Richtungen veränderliche Geschwindigkeit der *ungewöhnlichen* (*extraordinären*) Strahlen ist. Die Geschwindigkeit dieser letzteren hat in den *negativen* einaxigen Krystallen, für welche im Sinne der Undulationstheorie $a > b$, ihr Maximum a für $\varphi = 90^\circ$, wenn also die Strahlen in einer gegen die Axe senkrechten Richtung durch den Krystall gehen, ihr Minimum b aber für $\varphi = 0^\circ$, wenn die Richtung der Strahlen mit der Axe zusammenfällt. In den *positiven* einaxigen Krystallen dagegen, für welche in der Bedeutung der Undulationstheorie $a < b$, wird aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Bekanntlich stehen im Sinne der Emanationstheorie die Geschwindigkeiten der Lichtstrahlen in der Luft und in einem anderen brechenden Mittel im umgekehrten Verhältniß

1) *Mém. de l'acad. des sciences de l'Inst. de France*, 1827. tom. VII. pag. 45 in dem *Mém. sur la double réfraction*. Ferner *Éléments de phys. expérimentale par Pouillet*, trois. édit. tom. II. pag. 341.
Diese Annalen Bd. 23, S. 372.

ihrer Brechung in diesen beiden Mitteln, im Sinne der Undulationstheorie aber im geraden Verhältniß der Brechung, wenn in beiden Fällen ihre Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird. So verhält sich die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft zu der im Wasser für die Emanationstheorie wie 3:4, so daß $\frac{4}{3}$ (der gerade Brechungsexponent) seine Geschwindigkeit im Wasser ist; für die Undulationstheorie aber ist diese letztere $=\frac{3}{4}$ (der umgekehrte Brechungsexponent).

Um dies auf den Kalkspath anzuwenden, so fand Malus ¹⁾ mittelst eines Prisma aus diesem Krystalle, in welchem die brechende Kante der Axe parallel war, den für alle Durchgangsrichtungen constanten Brechungsexponenten der gewöhnlichen Strahlen $=1,6543$, und den *kleinsten* Brechungsexponenten der ungewöhnlichen, wenn sie im Krystalle eine gegen die Axe senkrechte Richtung hatten, $=1,4833$ ²⁾. Für die Emanationstheorie ist also auch die constante Geschwindigkeit der gewöhnlichen Strahlen im Kalkspath $b' = 1,6543$, und die kleinste der ungewöhnlichen, wenn sie eine gegen die Axe senkrechte Richtung haben, $a' = 1,4833$; für die Undulationstheorie dagegen ist die constante Geschwindigkeit der gewöhnlichen Strahlen $b = \frac{1}{b'} = 0,604485$, und die größte Geschwindigkeit der ungewöhnlichen, wenn sie eine gegen die Axe senkrechte Richtung haben, $a = \frac{1}{a'} = 0,674172$, welche Werthe auch mit ihrem schon von Huygens ³⁾ bestimmten Verhältnisse $0,93410:1,05032$ ziemlich genau übereinstimmen.

Um aus diesen Constanten für jede andere Richtung

1) *Théorie de la double réfraction de la lumière. Paris, 1810 pag. 199.*

2) Nach Rudberg's genaueren Bestimmungen entsprechen diese Brechungsexponenten einer zwischen *B* und *C* liegenden Stelle des Spectrums. Für die Linien *D* und *E*, welche dem gelben Lichte angehören, fand er die Brechungsexponenten der gewöhnlichen Strahlen 1,6585 und 1,6636, und die der ungewöhnlichen 1,4863 und 1,4897. Diese *Annalen* Bd. 14, S. 54.

3) *Tractatus de lumine, cap. V.*

der Lichtstrahlen ihre Geschwindigkeit ableiten zu können, dürfe man zwar für die Emanationstheorie, sagt Rudberg, die Gleichungen (9) bis (12) ungeändert beibehalten, für die Undulationstheorie aber müsse man $\frac{1}{v}$ und $\frac{1}{v'}$ statt v und v' nehmen, und er wolle daher die Rechnungen in ihrer einfacheren Form für die Emanationstheorie durchführen.

Rudberg scheint also vorausgesetzt zu haben, daß beide Theorien zu denselben Resultaten führen, wie sich dieß doch keinesweges so verhält, wozu noch kommt, daß auch die größere Einfachheit der Formeln in der Emanationstheorie nur für einen einzelnen Lichtstrahl behauptet werden kann. Denn versteht man unter der Geschwindigkeit des Lichtes nicht sowohl die eines einzelnen wirkungslosen Elementarstrahles, sondern mit größerem Rechte die Geschwindigkeit der Lichtwelle, die sich aus diesem Strahle und den in seiner unmittelbaren Nähe befindlichen zusammensetzt: so darf man für die Undulationstheorie nicht die ganzen rechten Seiten jener Gleichungen umkehren, sondern nur die umgekehrten Brechungsexponenten statt der Constanten in denselben nehmen, wodurch sie für die eine Theorie durchaus nicht einfacher, als für die andere werden.

Nimmt man nämlich im Sinne der Undulationstheorie die Geschwindigkeit $b=0,604485$ des längs der optischen Axe des Kalkspaths sich fortbewegenden Strahles zu der einen Halbaxe (Fig. 3 Taf. IV.) cg , die Geschwindigkeit $a=0,674172$ des in senkrechter Richtung gegen die Axe sich bewegenden Strahles aber zur anderen Halbaxe cd einer Ellipse, und denkt man dieselbe um die kleine Axe $gh=2.cg$ gedreht, um das sogenannte Sphäroid der doppelten Brechung für den Kalkspath zu erhalten: so ist, wenn der Winkel feg , den der Radius $cf=r$ mit der Halbaxe cg bildet, mit φ bezeichnet, und aus f die Ordinate $fm=y$ senkrecht auf die große Axe gefällt wird, nach der Gleichung der Ellipse:

$$fm^2 = r^2 \cos^2 \varphi = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - cm^2) \\ = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - r^2 \sin^2 \varphi), \text{ woraus}$$

$$(13) \quad r^2 = \frac{a^2 b^2}{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}, \text{ oder}$$

$$\frac{1}{r^2} = \frac{\cos^2 \varphi}{b^2} + \frac{\sin^2 \varphi}{a^2} = b'^2 + (a'^2 - b'^2) \sin^2 \varphi.$$

Es stimmt also dieser Ausdruck mit dem von v'^2 in (12) überein, und es ist daher im Sinne der Emanationstheorie, für welche a' und b' die geraden Werthe der Brechungsexponenten bedeuten, die Geschwindigkeit eines gegen die optische Axe des Kalkspaths unter dem Winkel φ geneigten Lichtstrahles nichts anderes, als der umgekehrte Werth des zugehörigen Radius cf in dem Sphäroid der doppelten Brechung. Für die Undulationstheorie ist folglich die Geschwindigkeit eben dieses Strahles der Radius selbst, weil die Strahlggeschwindigkeiten in der einen Theorie die umgekehrten Werthe von denen in der anderen sind.

Man hat aber auch, wenn die Tangente kf an den Punkt f gezogen wird, für $cm = x$ die Subtangente $mk = \frac{a^2}{x} - x$, folglich

$$ck = \frac{a^2}{x},$$

und, da die Tangente die mittlere Proportionale zwischen der Subtangente und der Summe der Subnormale $\frac{b^2 \cdot x}{a^2}$ und Subtangente ist:

$$kf^2 = \frac{(a^2 - x^2)[a^4 - (a^2 - b^2)x^2]}{a^2 x^2},$$

folglich, wenn aus c das Loth cn auf die Tangente gefällt, und der Winkel $ncg = ckn$, den dies Loth mit der optischen Axe cg oder die Tangente mit der Axe der x bildet, mit ψ bezeichnet wird:

$$fm^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) = kf^2 \cdot \sin^2 \psi \\ = \frac{(a^2 - x^2)[a^4 - (a^2 - b^2)x^2] \sin^2 \psi}{a^2 x^2}, \text{ woraus} \\ a^4 \sin^2 \psi = x^2 [b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \psi],$$

so dafs

$$cn^2 = ck^2 \cdot \sin^2 \psi = \frac{a^4 \sin^2 \psi}{x^2} = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \psi.$$

Es stimmt also auch dieser Ausdruck, in welchem a und b die umgekehrten Brechungsexponenten sind, mit dem in (12) überein, mit dem Unterschiede jedoch, dafs hier das Zeichen ψ nicht die Neigung der optischen Axe gegen den Lichtstrahl cf , sondern vielmehr den Winkel der optischen Axe mit der Richtung cn bedeutet, die senkrecht ist gegen die *Frontebene* kn der Lichtwelle, die sich aus den zu cf und zu den nahe gelegenen Strahlen gehörigen Elementarwellen zusammensetzt. So darf man also statt der Constanten in der Gleichung (12) nur die umgekehrten Brechungsexponenten nehmen, damit sie in diesem Sinne für die Undulationstheorie die Quadrate der Geschwindigkeiten der ungewöhnlichen Strahlen angebe.

Um dies durch ein Beispiel noch mehr zu erläutern, so hat man für die Emanationstheorie $b'^2 = 2,736708$ und $a'^2 = 2,200178$, folglich für $\varphi = 30^\circ$, wenn die Geschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird:

$$v'^2 = b'^2 + (a'^2 - b'^2) \sin^2 30^\circ = 2,60257,$$

und aus (13) für $b^2 = 0,365402$ und $a^2 = 0,454508$:

$$cf' = r^2 = 0,38423 = \frac{1}{2,60257},$$

so dafs hier die Geschwindigkeit das Umgekehrte des Radius ist. Für diesen Werth von φ hat man aber auch $cm = x = r \sin 30^\circ = 0,30993$ und $x^2 = 0,09606$, folglich

$$\tan \psi = \frac{fm}{km} = \frac{b \cdot x}{a(a^2 - x^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,4641583 = \tan 24^\circ 53',$$

mithin

$$cn^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 24^\circ 53' = 0,38118,$$

und es ist dieser Werth im Sinne der Undulationstheorie zwar nicht genau das Quadrat der Geschwindigkeit (0,38423), mit welcher sich der *Strahl* cf im Krystalle bewegt, wohl aber der genaue Ausdruck für das Quadrat der Geschwindigkeit, mit welcher die zu diesem Strahle gehörige *Licht-*

welle in einer gegen ihre eigene Frontebene kn senkrechten Richtung cn im Krystalle sich fortpflanzt.

Unter der *optischen Axe*, die in den einaxigen Krystallen jedesmal auch die *krystallographische* ist, hat man daher nicht sowohl die Richtung zu verstehen, in welcher ein gewöhnlicher und ungewöhnlicher Elementarstrahl eine gleiche Geschwindigkeit haben, sondern vielmehr die Richtung, in der sich die Frontebenen der zu diesen Strahlen gehörigen Lichtwellen mit gleicher Geschwindigkeit bewegen.

Werden in eben dieser Bedeutung für die Undulationstheorie die Gleichungen (9) und (10) auch für die *zwei-axigen* Krystalle angewandt, — bei denen man der vorigen Entwicklung gemäß unter den beiden *optischen Axen* die Richtungen zu verstehen hat, in denen die Frontebenen der zu beiderlei Strahlen gehörigen Lichtwellen eine gleiche Geschwindigkeit haben — und die Prismen P, Q, R in dem vorigen Sinne genommen: so ist für das Prisma P , in welchem die Kante des brechenden Winkels parallel ist mit der Mittellinie (Fig. 1. Taf. IV.) dd' , und die Summe der Winkel $\varepsilon + \varepsilon' = 180^\circ$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = 180^\circ - 2\varepsilon'$:

$$(14) \quad v^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \cos^2 \varepsilon'$$

$$(15) \quad v'^2 = a^2,$$

a also die für alle Durchgangsrichtungen constante Geschwindigkeit des einen Strahlenbündels in dem auf der Mittellinie senkrechten Schnitte ff . Die veränderliche Geschwindigkeit des anderen Bündels dagegen kann, wenn α wieder den Winkel der optischen Axen bedeutet, von $\varepsilon' = 90^\circ$ bis $\varepsilon' = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$ variiren, so daß man $v = b$ als das Minimum, und $v = \left[b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right]^{\frac{1}{2}}$ als das Maximum der Geschwindigkeit dieses Bündels in dem Schnitte ff' erhält, wenn $a > b$. Ist aber $a < b$, so wird aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Für das Prisma Q , in welchem die brechende Kante parallel mit ff' ist, und die auf ff' senkrechte Durchgangs-

ebene der gebrochenen Strahlen durch die Mittellinie dd' geht, sind die beiden Winkel ε und ε' gleich. Es ist daher für dies Prisma:

$$(16) \quad v^2 = b^2$$

(17) $v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \varepsilon = a^2 - (a^2 - b^2) \cos^2 \varepsilon$,
und b die für alle Durchgangsrichtungen constante Geschwindigkeit in dem durch die Mittellinie gehenden, und auf ff' senkrechten Schnitte. Die veränderliche Geschwindigkeit dagegen kann von $\varepsilon = 90^\circ$ bis $\varepsilon = \frac{\alpha}{2}$ variiren, so daß man $v' = a$ als das Maximum, und $v' = [a^2 - (a^2 - b^2) \cos^2 \frac{\alpha}{2}]^{\frac{1}{2}}$ als das Minimum erhält, wenn $a > b$. Ist aber $a < b$, so wird auch hier aus dem Maximum ein Minimum und umgekehrt.

Die Maxima und Minima der veränderlichen Geschwindigkeiten v und v' treten also in diesem Falle und dem vorigen entweder dann ein, wenn die zugehörigen Strahlenbündel durch die Ebene der Axen gehen, oder wenn sie eine gegen diese Ebene senkrechte Richtung haben.

Für das dritte Prisma R , in welchem die auf der brechenden Kante senkrechte Durchgangsebene der Strahlen in die Ebene der Axen fällt, so daß $\varepsilon = \varepsilon' + \alpha$, folglich $\varepsilon - \varepsilon' = \alpha$ und $\varepsilon + \varepsilon' = 2\varepsilon' + \alpha$, wird

$$(18) \quad v^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$(19) \quad v'^2 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 (\varepsilon' + \frac{\alpha}{2}),$$

und in diesem Falle die Geschwindigkeit v constant. Die veränderliche Geschwindigkeit v' kann dagegen von $\varepsilon' = -\frac{\alpha}{2}$ bis $\varepsilon' = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$ variiren, so daß man $v' = b$ als das Minimum und $v' = a$ als das Maximum erhält, wenn $a > b$. Für $a < b$ wird auch hier aus dem Maximum das Minimum und umgekehrt.

Werden nun diese im Sinne der Undulationstheorie genommenen Gleichungen zur Berechnung des Axenwinkels

im Arragonit angewandt, so hat man in Folge der Tabelle Seite 228 für den Strahl D aus (15):

$$v^2 = a^2 = \frac{1}{1,53013^2} = 0,42713,$$

ferner aus (16):

$$v^2 = b^2 = \frac{1}{1,68589^2} = 0,35183,$$

folglich aus (18):

$$v^2 = \frac{1}{1,68157^2} = 0,35364 = b^2 + (a^2 - b^2) \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

woraus

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \left[\frac{181}{7530} \right]^{\frac{1}{2}} = \sin 8^\circ 55',$$

und $\alpha = 17^\circ 50'$. Berechnet man eben so noch die Axenwinkel für die Strahlen H , E und B , so erhält man folgende Tabelle:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Arragonits.
H	$18^\circ 26'$
E	$18 \quad 2$
D	$17 \quad 50$
B	$17 \quad 58$

aus der sich der Axenwinkel in seinem Mittelwerthe für die zu E und D gehörigen gelben Strahlen $= 17^\circ 56'$ ergibt. Es hat aber Brewster¹⁾ mittelst des von ihm selbst bestimmten Brechungsexponenten 1,693 den Axenwinkel im Arragonit $= 18^\circ 18'$, mittelst des Rudberg'schen Exponenten aber diesen Winkel $= 17^\circ 33'$ gefunden. Da nun der hier berechnete Werth von $17^\circ 56'$ genau in der Mitte zwischen diesen beiden, von Brewster bestimmten liegt, so kann man sagen, *dass beim Arragonit die Theorie mit den Beobachtungen übereinstimmt.*

In der vorstehenden Tabelle ist es zugleich unverkennbar, dass die Axenwinkel von dem violetten Ende H des Spectrums nach dem rothen B hin kleiner werden, indem die Abweichung von diesem Gesetze bei B ohne Zweifel

1) Diese Annalen Bd. 27, S. 504.

nur in einer weniger genauen Bestimmung der zu diesem Strahle gehörigen Exponenten ihren Grund hat.

Sprächen nicht tausend andere Gründe gegen die Emanationstheorie, so würden schon Rechnungen, wie diese, für die alleinige Wahrheit der Undulationstheorie zeugen können. Werden die Fresnel'schen Gleichungen in dem Sinne der ersteren verstanden, so geben sie Resultate, denen die Natur widerstrebt; dieselben Gleichungen aber, für die Undulationstheorie genommen, sind in vollkommenem Einklange mit der Natur.

Werden die Gleichungen (9) und (10) für die Undulationstheorie auch auf den Topas angewandt, so findet man folgende Axenwinkel:

Strahl.	Berechnete wahre Axenwinkel des Topas.
<i>H</i>	55° 10'
<i>E</i>	56 58
<i>D</i>	56 58
<i>B</i>	56 6

so daß man als Axenwinkel für die gelben Strahlen etwa 57° bekommt. Es weicht dieser Winkel von Biot's Messungen also immer noch um 7° ab, die Differenz ist aber doch um 1° geringer, als sie sich nach Rudberg's Rechnungen herausstellt.

Rudberg selbst macht darauf aufmerksam, daß der Grund, aus welchem er die fehlende Uebereinstimmung zwischen der Theorie und den Beobachtungen beim Arragonit erklären zu können glaubte, bei einer so großen Differenz, wie sie hier beim Topas gefunden ist, nicht ausreichend sey. Es geht dieß ja auch schon daraus hervor, weil sonst beim Arragonit, wo der Trennungswinkel der beiden aus tretenden Strahlenbündel nach Rudberg's Rechnungen mehr als 2° beträgt, diese Differenz größer seyn müßte, als beim Topas, für welchen der Trennungswinkel nach Rudberg's Angabe nur 21' hat, während doch gerade umgekehrt beim Arragonit die Theorie mit den Messungen über-

übereinstimmt. Auch der Umstand, daß die Axenwinkel der verschiedenen Farben verschieden sind, kann zur Erklärung einer so großen Differenz nicht ausreichen, weil sonst dasselbe auch beim Arragonit stattfinden müßte. Es bleibt vielmehr nur der schon von Rudberg behauptete, und von Brewster durch seine Beobachtungen an dem brasilianischen Topas bestätigte Grund übrig, daß die Axenwinkel in verschiedenen Individuen des Topas eine verschiedene Größe haben, wie dies ja auch bei anderen Krystallen, z. B. dem Glimmer, der Fall ist, dessen Axenwinkel von 6° bis zu 45° variirend gefunden wird.

Daß die Axenwinkel sich im Topas gerade umgekehrt, wie im Arragonit verhalten, daß sie von dem violetten nach dem rothen Ende hin zunehmen, ist aus der vorstehenden Tabelle offenbar, indem auch hier die Abweichung von diesem Gesetze bei *B* gewiß nur durch die nicht genaue Bestimmung der zugehörigen Exponenten entstanden ist.

Da Rudberg's Abhandlung, die auch ins Französische und Englische übersetzt ist, bei ihrer allgemeinen Verbreitung in den optischen Schriften oft angeführt wird, so habe ich die Veröffentlichung der vorstehenden Berichtigung der Rudberg'schen Rechnungen für eine der Wahrheit schuldicke Pflicht um so mehr halten müssen, da der Unterschied der für die Geschwindigkeit des Lichtes in beiden Theorien gültigen Formeln, wie ihn Rudberg feststellt, auch in anderen Gebieten der Optik, namentlich in der Theorie der chromatischen Polarisation zu unnöthigen Weitläufigkeiten leicht verleiten könnte.

V. Ueber nothwendig scheinende Ergänzungen der Beobachtungen über die Boden-Temperatur in Sibirien; von Baer.

(Aus dem *Bulletin de la Classe physico-mathématique* der Petersburger Akademie T. VIII.)

Als unsere Akademie sich die Aufgabe gestellt hatte, den Schergin-Schacht in Jakutsk zur Untersuchung der Boden-Temperatur in Sibirien, sowie zur Bestimmung der Wärme-Leitungs-Fähigkeit und der Mächtigkeit des Eisbodens insbesondere zu benutzen, konnte die zum Entwurfe eines Planes für die Sibirische Reise ernannte Commission nicht umhin, die Frage sich zu stellen: Ob nicht die Wände des genannten Schachtes durch die von aussen eindringende Luft merklich gegen den umgebenden allgemeinen Boden abgekühlt seyen? Um eine Entscheidung über diesen Zweifel zu erhalten, wurde in der Instruction verlangt, dafs in verschiedenen Tiefen immer je zwei Thermometer in die Wand des Schachtes, das eine nur auf einen, das andere bis 7 Fufs von seiner Höhlung entfernt eingelassen werden sollten.

Bekanntlich ist diese Aufgabe, trotz der localen Schwierigkeiten, die man hier nicht so grofs voraussehen konnte, mit vieler Beharrlichkeit durchgeführt, so wie auch mehrere neue Gruben und Bohrlöcher, theils in der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, theils in gröfseren Entfernungen angelegt und Messungen der Boden-Temperatur in ihnen angestellt sind. Die Nothwendigkeit solcher Vergleichungspunkte war im Verlaufe der Beobachtungen immer mehr hervorgetreten.

Die Beobachtungen selbst konnten von unserm geehrten Collegen, Hrn. v. Middendorff, nur begonnen werden¹⁾, sie sind theils von anderen Mitgliedern der Reisegesellschaft, theils von fremden, dazu tüchtig befundenen und zu diesem Zwecke unterwiesenen Personen fortgesetzt worden.

1) S. *Annal.* Bd. 62, S. 404.

Wir haben auch schon seit längerer Zeit die wissenschaftliche Bearbeitung aller auf dieser Reise gesammelten geothermischen Messungen von Hrn. von Middendorff im ersten Bande seines Reisewerkes erhalten. Unser geehrter Herr College kommt im Allgemeinen zu dem Resultate, daß die Wände des Schergin-Schachtes sich zwar in den oberen Theilen wahrscheinlich ein wenig abgekühlt haben, nämlich in der Tiefe von 50 Fufs unter dem Eingange, vom Jahre 1839 bis zu den Jahren 1844—1846 um $0^{\circ},6$ R. etwa; daß aber in größeren Tiefen die Temperatur ziemlich beständig geblieben sey. (Middendorff's Reise, Bd. I., S. 157.) Daraus wird gefolgert, daß die Beobachtungen in der Wand des Schergin-Schachtes uns ein annähernd richtiges Maafs für die Boden-Temperatur jener Gegend, für die Leitungs-Fähigkeit des gefrorenen Bodens, und, was nothwendig damit zusammenhängt, für die Mächtigkeit desselben geben.

Nachdem ich sämtliche Beobachtungen und die ausführlichen Deductionen aufmerksam durchgegangen bin, um über das Ergebnifs derselben in den „Beiträgen zur Kenntnifs des R. Reiches“ (1) zu berichten, kann ich nicht umhin, eine ziemlich abweichende Ueberzeugung zu gewinnen, eine Ueberzeugung, nach welcher der auffallende Widerspruch zwischen den Temperaturen in den neuen Gruben und dem Schergin-Schachte sich ganz anders lösen würde.

Ich glaube nämlich mit überwiegender Wahrscheinlichkeit nachweisen zu können, daß die Wand des Schergin-Schachtes sich sehr bedeutend abgekühlt hat, wohl mehr als irgend ein Mitglied der Commission früher geglaubt haben würde.

Um zu der Annahme einer bedeutenden Abkühlung des Schergin-Schachtes um mehrere Grade der Reaumur'schen Scale geneigt zu machen, wollen wir zuvörderst die neuen

- 1) Die zweite Hälfte des 9. Bandes dieser Beiträge, welche die Geschichte der naturhistorischen Reisen, die innerhalb des Russischen Reiches von 1840—1845 angestellt sind, enthält, wird so eben gedruckt.

Gruben und Bohrlöcher mit dem Schergin-Schachte vergleichen.

In der unmittelbaren Nähe von Jakutsk, d. h. nur wenige Werst von der Stadt entfernt, wurden auf dem linken Lena-Ufer drei Gruben angelegt. Der Eingang in dieselben lag durchschnittlich 350 Fufs höher als der Eingang in den Schergin-Schacht, welcher nur 36 Fufs höher als das Eis der Lena gefunden wurde. Man hätte also in ihnen, so sehr auch die Linien gleicher Boden-Temperaturen den Unebenheiten der Oberfläche des Bodens zu folgen streben, eher eine niedere Temperatur als im Schergin-Schachte, bei gleicher Tiefe vom Eingange, erwarten sollen, da die weit unter 0° stehende mittlere Jahres-Temperatur der Luft hiesiger Gegend auf die hohen Ufer auch von der Seite wirken muß, auf die Sohle des Lena-Thales aber nur von oben. Allein die Beobachtungen zeigten umgekehrt in den neuen Gruben den Boden in gleicher Tiefe um mehrere Grade wärmer als im Schergin-Schachte. Die neuen Gruben hatten 6 Fufs im Quadrat und meistens ward, vom Boden der Grube ausgehend, tiefer gebohrt. Eine dieser Gruben, die *Leontjew*-Grube genannt, wurde nur bis 20 Fufs tief getrieben, füllte sich aber dann mit Wasser aus den obersten Erdschichten und konnte nicht weiter benutzt werden. Bis zu einer Schicht bleibender Temperatur gelangte man also hier gar nicht. Wir bemerken nur, dafs in der Tiefe von 20 Fufs, vor dem Eindringen des Wassers (am 19. Juni), — 4° R. beobachtet wurden, wogegen im Schergin-Schachte in der Tiefe von 20 Fufs in keiner Jahreszeit weniger als — 6° R. abgelesen sind. Eine zweite, die *Mangan*-Grube, wurde im Winter 28 Fufs tief gegraben. Dann wurde vom Boden derselben noch 28 Fufs weiter gebohrt. In der Tiefe von 20 Fufs, 1 Fufs weit von der Wand des Schachtes fand man zuerst im März — 6°,3 R. als Wirkung des ganzen vorhergegangenen Winters; bis zum Schlusse des Mais stieg hier die Temperatur auf — 4°,6 R., so dafs man am 19. Juni auch wohl gegen — 4° R. gefunden haben würde,

wenn man um diese Zeit noch beobachtet hätte. In 50 Fufs Tiefe, wo für die mitgenommenen Thermometer gar kein Wechsel nach den Jahreszeiten erkennbar seyn konnte, las man im Mai — $3^{\circ},2$ bis — $3^{\circ},3$ ab. Eine dritte, die *Schilow*-Grube, wurde im Sommer 1844 nur 19 Fufs tief getrieben und dann 52 Fufs weiter gebohrt, im Februar 1845 ward aber die Grube bis auf 35 Fufs vertieft und dann noch 25 Fufs gebohrt. Am 7. April begannen die Beobachtungen in der Tiefe von 50 Fufs, und sie wurden bis zum 14. Mai desselben Jahres fortgesetzt. Sie gaben zuerst — $2^{\circ},5$ und zuletzt — $3^{\circ},0$. Im folgenden Jahre wurden die Beobachtungen in derselben Tiefe im April, Mai und Juni wiederholt. Sie schwankten nun zwischen — $3^{\circ},1$ und — $3^{\circ},2$. Nehme ich diese Temperatur als die bleibende an, wovon ich den Grund später anzeigen werde ¹⁾, so stimmen die *Mangan*- und die *Schilow*-Grube darin überein, daß sie in 50 Fufs Tiefe die Temperatur von — $3^{\circ},2$, mit der Schwankung von — $0^{\circ},1$ geben. Die *Leontjew*-Grube widerspricht nicht, da sie 50 Fufs Tiefe gar nicht erreichte. Im Schergin-Schachte aber las man in 50 Fufs Tiefe an dem nähern, d. h. nur um einen Fufs eingesenkten Thermometer nach den verschiedenen Zeiten zwischen — $6^{\circ},9$ R. und — $9^{\circ},1$ R. ab, und an dem weitem (7 Fufs eingesenkten) Thermometer zwischen — $6^{\circ},5$ und — 6° R. Aber die Uebereinstimmung der neuen Gruben und ihrer Bohrlöcher wird noch auffallender, wenn wir in die obern, nach den Jahreszeiten ihre Temperatur wechselnden Schichten übergehen. Am 18. Juni las man in der *Schilow*-Grube in 20 Fufs Tiefe — 4° R. ab, und genau dieselbe Zahl am 19. Juni in der *Leontjew*-Grube. Wir haben schon oben gesagt, daß man in der *Mangan*-Grube nicht bis in den Juni beobachtete, daß aber aus den Beobachtungen des Mais sich schliessen lasse, die Temperatur werde in derselben Zeit und Tiefe ausgeführt — 4 R.

1) Ich werde weiter unten zu zeigen versuchen, daß auch die Wände dieser Gruben oder kleinen Schachte während der Arbeit sich merklich abkühlten, was nicht ohne Wirkung auf die Bohrlöcher blieb.

gewesen seyn. Der Schergin-Schacht aber hat in 20 Fufs Tiefe am 21. Juni 1845 — $9^{\circ},4$ am nähern und — $9^{\circ},3$ am weitem Thermometer.

Sollen wir nun die Angaben des Schergin-Schachtes oder die der drei neuen Gruben mit ihren Bohrlöchern für die richtigeren in Bezug auf den allgemeinen unaufgeschlossenen Boden ansehen? Allerdings lagen die neuen Jakutsker Gruben nicht weit von einander, und irgend ein weit wirkender Grund für locale Erwärmung hätte auf alle drei gleichen Einfluß ausüben können. Aber auch alle weiter abstehenden neu angelegten Gruben stimmen offenbar mehr mit den neuen Jakutsker Gruben als mit dem Schergin-Schachte.

Leider kann man bei diesen entfernten nicht unmittelbar die Boden-Temperatur mit der Luft-Temperatur vergleichen. Indessen folgert Hr. v. Middendorff selbst aus einer ganz kurzen Reihe von Mai-Beobachtungen in der Luft von Amginsk (200 Werst nach Südosten von Jakutsk), daß in dieser Zeit die Temperatur in Amginsk $1^{\circ},44$ R. höher war als in Jakutsk. Nehmen wir hiernach an, daß die gesammte Jahres-Temperatur in Amginsk etwas über einen Grad wärmer ist als in der letztern Stadt, so stimmen die Grube (28 Fufs tief) und das Bohrloch (32 Fufs tiefer) wieder ganz gut mit den ähnlichen neuen Anlagen bei Jakutsk, und gar nicht mit dem Schergin-Schachte. Man fand in Amginsk auf 50 Fufs Tiefe bleibende Temperatur — $1^{\circ},9$, und in 20 Fufs Tiefe zuerst im Mai — $2^{\circ},2$ — $2^{\circ},5$, im April des zweiten Jahres (eigentlich bei 21 Fufs Tiefe) etwas mehr ¹⁾.

Noch 200 Werst weiter in derselben Richtung nach SO wurde bei der Mündung der *Maja* in den *Aldan* eine Grube 21 Fufs tief getrieben, das Bohrloch konnte jedoch wegen vorkommender Felsen nur 14 Fufs gefördert werden. Die Temperatur in 20 Fufs Tiefe, von Ende März bis zum 3. April, — $1^{\circ},15$ bis — $2^{\circ},15$ R., und in 35 Fufs von — $1^{\circ},0$

1) Von dieser Zunahme später. Jetzt kam es nur darauf an, die große Abweichung vom Schergin-Schachte zu zeigen.

bis $-1^{\circ},55$ scheint wieder mehr mit allen neuen Brunnen zu stimmen.

Nach Süd-Westen von Jakutsk nimmt die Boden-Temperatur, wie sich erwarten liefs, noch rascher zu als nach SO. In *Olekminsk* hatte man allerdings im Juli in 20 Fufs Tiefe $-0^{\circ},3$ und in *Witimsk* (freilich im September) über $+3^{\circ}$ R. Hat nun auch bei der letzten Ablesung ein grösser Theil der Sommer-Temperatur schon eingewirkt, so scheint doch der völlige Mangel bleibenden Boden-Eises mehr mit den neuen Gruben und Bohrlöchern als mit der Temperatur im Schergin-Schachte zu stimmen. Dasselbe scheint mir von dem Boden bei *Turuchansk* zu gelten, der ungefähr 0° mittlere Temperatur in seinen veränderlichen und etwas mehr in den nächsten unveränderlichen Schichten hat. Doch will ich auf diesen entfernten Punkt, dessen mittlere Luft-Temperatur ganz unbekannt ist, kein Gewicht legen, um die Beweiskraft der anderen nicht zu schwächen.

Wenn nun aber die Temperaturen in den neuen Bohrlöchern bei *Jakutsk* unter sich gut übereinstimmen, die Temperaturen im Schergin-Schacht dagegen viel tiefer sind, wenn die Gruben und Bohrlöcher in *Amginsk*, *Ust-Maish*, *Olekminsk*, *Witimsk*, auch wohl die in *Turuchansk* augenscheinlich besser mit den neuen Jakutsker Gruben stimmen als mit dem Schergin-Schachte, mufs man da nicht diesen für die Ausnahme und jene für mehr regelrecht halten, welche die Temperatur des Bodens, bevor er aufgeschlossen ist, viel näher angeben?

Worin aber kann der Grund liegen, dafs die Wandung des Schergin-Schachtes um mehrere Grad kälter ist als der allgemeine Boden dieser Gegend?

Ich weifs mir nur eine dreifache Möglichkeit zu denken. Entweder ist ein bleibender und gleichmäfsig fortwirkender Grund vorhanden, der den Punkt, auf welchen gerade der Schergin-Schacht traf, in bedeutend niedriger Temperatur als die Umgegend erhält; oder zweitens, es wirkte früher eine abkühlende Ursache, deren Wirkung noch nicht aufgehört hat; oder drittens, es ist später, nach dem Bau des

Schachtes und vielleicht durch diesen Bau selbst, eine Abkühlung eingetreten, deren Wirkung, wenn auch nicht im Wachsen begriffen, doch noch fortbesteht.

Für die erste Möglichkeit, eine bleibende locale grössere Bodenkälte, wüßte ich nur solche Gründe zu finden, welche mit dem hier weit verbreiteten und mächtigen Alluvial-Boden unvereinbar sind.

Die zweite Möglichkeit einer vorhergegangenen Abkühlung in der Tiefe, die noch nicht ganz gehoben wäre, hat der Commission allerdings vorgeschwebt. Die Beobachtung der Local-Verhältnisse und die Reihenfolge der Temperaturen nach der Tiefe sprechen einer solchen Vermuthung aber nicht das Wort. Nehmen wir z. B. an, daß vor einigen Jahrhunderten beim Eisgange der Lena, zu welcher Zeit die obern Erdschichten der benachbarten Ufer auf 13° bis 15° R. unter 0° erkaltet seyn konnten, gefrorne Schollen derselben mit Eisschollen gemischt an 60 Fufs hoch aufgehäuft wurden, so könnten vielleicht Jahrhunderte vergehen, bevor solche Schichten die Temperatur annehmen würden, welche der erlangten Lage hier zukommt, besonders wenn später neue Ueberschüttungen eintraten. Es sollen sich allerdings auch in den Wänden des Schachtes, bis 72 Fufs Tiefe, Holzstämme und Wurzeln, dann in viel ansehnlicheren Tiefen, zwischen 104 und 384 Fufs, auch Spuren von Pflanzenresten finden, die einmal von der Oberfläche gekommen seyn müssen. Ihre Lagerung wird in dem älteren und dem neueren Berichte nicht näher beschrieben. Dagegen beobachtete Hr. v. Middendorff zahlreiche wellenförmige Abgränzungen dünner Schichten, welche häufige und oft wiederholte Uebersfluthungen anzudeuten scheinen und zwar von fließendem Wasser, das doch nur unbedeutend unter 0° erkaltet gewesen seyn könnte. Ferner lassen sich bedeutende Ueberstürzungen gefrorener Erdschollen ohne Eisschollen, welche die Treiber abgeben würden, hier bei der Tiefe bis zu welcher der Boden gefroren ist kaum denken, und selbst bei Unterwaschungen eines überhängenden gefrorenen Ufers würden die Einstürze, wenn

sie zur Zeit des Einganges erfolgten, wahrscheinlich Eischollen mit verschütteten. Zusammenhängende Eismassen hat man aber in der Wand des Schergin-Schachtes nicht bemerkt, wie eine solche in der Grube zu *Amginsk* sich sehr bemerklich machte (Reisewerk, Bd. I. S. 116). Verschüttete Erdschollen würden nach verschiedener Richtung geneigte Schichten erzeugen. Aeltere Berichte (*Bull. de l'Acad.*, Bd. III. p. 195) sprechen aber nur von einer deutlich geneigten Schichtungs-Fläche, und auch diese wird zweifelhaft, da Hr. v. Middendorff ihrer nicht erwähnt. Endlich fand sich die Temperatur in der Wand des Schachtes nach der Tiefe hin zwar nicht ganz gleichmäfsig, aber doch so continuirlich wachsend, dafs nirgends eine Schicht gefunden wurde, welche eine geringere Temperatur als eine höher liegende bewahrt hätte.

Es fehlt also wenigstens jeder Beweis einer plötzlichen hohen Ueberschüttung, deren Temperatur noch nicht ausgeglichen wäre.

Gehen wir dagegen zu der dritten Möglichkeit, zu einer später eingetretenen und noch anhaltenden Abkühlung über, so glaube ich diese, wo nicht bis zur vollen Evidenz erweisen, doch in sehr hohem Grade wahrscheinlich machen zu können.

Wenn man die seit Middendorff's Ankunft in Jakutsk, im April 1844, in der Wand des Schachtes angestellten Temperatur-Beobachtungen in ihrer chronologischen Reihenfolge läßt, sie aber in Gruppen theilt, um Mittelzahlen zu finden, und die Ablesungen an den weitem Thermometern als den weniger dem wechselnden Einflusse des Zutrittes der Luft unterworfenen wählt, so findet man die Mittel-Temperaturen, welche die folgende Tabelle mit Angabe der Zahl von Beobachtungen, aus welchen sie abgeleitet sind, enthält.

Mittel der Temperatur-Ablesungen (R°.) an den 7 Fuß in die Wand des Schachtes von Jakutsk eingelassenen Thermometern, aus chronologisch geordneten Gruppen abgeleitet.

(z = Zahl der Beobachtungen.)

Tiefe.	1844		1845		1845		1846	
	Apr.	Nov. Dec.	Jan. — Mai.		Juni — Nov.		Febr. — Juni.	
	R°. z.		R°. z.		R°. z.		R°. z.	
50 Fufs	— 6,41	10	— 6,64	10	— 6,67	20	— 6,63	2
100 -	— 5,13	10	— 5,24	10	— 5,195	19	— 5,30	2
150 -	— 4,515	10	— 4,62	10	— 4,66	19	— 4,60	2
200 -	— 3,85	10	— 3,90	9 ¹⁾	— 4,38 ¹⁾	13 ²⁾	— 4,50	2
250 -	— 3,34	9 ¹⁾	— 3,33	10	— 3,33	5		
300 -	— 2,972	9 ¹⁾	— 3,02	7	— 3,195	19	— 3,25	2
350 -	— 2,615	10	— 2,73	10	— 2,778	19	— 2,80	2
382 -	— 2,395	10	— 2,411	9	— 2,40	3		

Die vom April 1844 bis zum Juni 1846 fortgehende Abkühlung scheint mir nach dieser Tabelle nicht nur evident, sie ist sogar fast so gleichmäfsig als man von einer Reihe von Beobachtungen, die in unregelmäfsigen Intervallen und von verschiedenen Beobachtern angestellt sind, nur immer erwarten kann. Nur die Station von 250 Fufs Tiefe will nicht mit einstimmen; allein in dieser hört die Reihe der mitgetheilten Ablesungen mit dem Juli 1845 auf, weil es sich erwies, dafs das Thermometer verdorben war.

Wenn man aus vorstehender Tabelle die von 1844 bis 1846 noch fortgehende Abkühlung erkannt hat, so löst sich ein sonst schwer zu lösendes Räthsel auf die einfachste Weise von der Welt. Hr. v. Middendorff hat nämlich, um den Einfluß der Jahreszeiten auf die Boden-Tempera-

- 1) Eine zweifelhaft gewordene Ablesung, die in dem Reisewerke mit einem Fragezeichen notirt wird, ist hier nicht in die Berechnung gezogen.
- 2) Zwei Ablesungen sind nicht in die Berechnung gezogen.
- 3) Diese Mittelzahl ist aus Ablesungen abgeleitet, die Hr. v. Middendorff für irrig hielt, da der Quecksilberfaden sich getheilt haben soll. Allein sie stimmen ganz gut mit den anderen. Der leere Raum in der Theilung muß ganz unbedeutend gewesen seyn (wenn überhaupt die eingegangenen Berichte nicht irrig waren), da sonst die Ablesungen höhere Temperatur-Grade gegeben hätten. Bd. I, S. 109 des Reisewerkes.

tur zu erkennen, alle früheren und späteren Beobachtungen vereint und nach den Jahres-Cyclus gruppirt. Er kommt dabei auf das auffallende Resultat, daß auch in Tiefen, die dem Einfluß der Jahreszeiten nicht mehr unterworfen seyn sollten, an den weiteren Thermometern, also 7 Fufs von der Höhle des Schachtes ¹⁾, im November eine Erwärmung beginnt, die im December in den meisten Stationen ganz bestimmt meßbar und so auffallend ist, daß sie nicht mehr auf Ablesungs-Fehler beruhen kann. Was aber kann im Inneren der Erde vorgehen, das mit dem Verlaufe der Jahreszeiten isochronisch wäre? Wie also wäre eine solche Erwärmung erklärbar? Ganz einfach durch Sonderung der Jahre. December-Beobachtungen haben wir nur vom Jahre 1844. Auch haben wir von diesem Jahre drei November-Beobachtungen, von dem Jahre 1845 nur zwei, und von 1846 gar keine. Wenn nun die Abkühlung in den Jahren 1844 bis 1846 noch fortging, so ist die nothwendige Folge, daß, wenn man nach den Monaten summiert, der November etwas und der December bedeutend wärmere Temperaturen zeigt, als die anderen Monate, die entweder im Jahre 1844 fehlen, oder im Jahre 1846 noch vorkommen.

War aber die Abkühlung vom April 1844 bis zum Juni 1846 noch meßbar, so kann man wohl nicht zweifeln, daß sie früher, so lange die Arbeit noch fortging, noch viel bedeutender war. Das wird auch durch frühere vereinzelte Beobachtungen bestätigt. Hr. Prof. Erman beobachtete im April 1829, in der Tiefe von 50 Fufs, bis zu welcher die Grube damals getrieben war, — 6° R.; Hr. v. Middendorff hat diesen Vergleichungs-Punkt nicht übersehen, allein da ihm das weitere Thermometer in dieser Tiefe durchschnittlich — 6°,6 R. zeigte, so folgert er eine geringe Abkühlung. Da jedoch Hr. Erman sein Thermometer nicht so tief einlassen konnte, und schon damals ohne

1) Ich nenne immer diejenigen Thermometer, welche 7 Fufs von der Höhlung des Schachtes abstanden, die weitem, und die 1 Fufs abstehenden die nähern.

Zweifel, wie die neuen Gruben nachweisen, der Zutritt der Luft abkühlend gewirkt hatte, auch diese Einwirkung zuvörderst die nächsten Schichten erfasste, so werden wir wohl eine richtigere Vergleichung haben, wenn wir unser näheres Thermometer von derselben Tiefe vergleichen. Für dieses geben die neueren Beobachtungen im Jahre 1844 — $6^{\circ},9$ bis — $9^{\circ},1$ und im Jahre 1845 — $7^{\circ},8$ bis — $9^{\circ},1$. Die Station von 50 Fufs Tiefe hat sich also, 1 Fufs von der Höhlung des Schachtes, von 1829 bis 1845 beinahe um 3° abgekühlt.

Auch die früheren Beobachtungen des älteren Schergin scheinen mir die seitdem bedeutend vorgeschrittene Abkühlung zu erweisen. Ich bin weit davon entfernt, sie für sehr genau zu halten, da es in die Augen springt, dafs Schergin nur auf Ablesung von ganzen Graden ausging, und dafs er, wenn die Quecksilber-Säule nicht bei einem vollen Grade endete, einen halben notirte. Dafs sie aber nicht völlig ohne Werth sind, glaube ich an folgender Zusammenstellung erweisen zu können, welche in der linken Hälfte Schergins Temperatur-Notizen enthält, in der rechten Hälfte aber diejenigen Temperaturen, welche dieselben Tiefen nach den Beobachtungen unserer Expedition von 1844 bis 1846 zeigten. Da unsere Expedition Beobachtungs-Stationen von 50 zu 50 Fufs hatte, so brauche ich kaum zu bemerken, dafs die Temperatur für 77 Fufs aus den Mittel-Temperaturen, die Hr. v. Middendorff für 50 Fufs und für 100 Fufs gefunden hat, berechnet ist, eben so für 119 Fufs aus den Mittel-Temperaturen für 100 und 150 u. s. w. Ausdrücklich aber hebe ich hervor, dafs ich die Ablesungen an den weiteren Thermometern gewählt habe, um so nahe als möglich die Temperaturen zu erhalten, welche die entsprechenden Erdschichten haben müßten, wenn keine Erkältung stattgefunden hätte, im Falle die Temperaturen der Wände des Schergin-Schachtes uns wirklich die Temperatur der allgemeinen Erdschichten anzeigten.

Schergin's Temperatur-Beobachtungen im Boden des Schachtes.			Temperaturen derselben Tiefe nach den Beobachtun- gen der Sibir. Expedition.	Diffe- renzen.
Zeit der Beobach- tungen.	Tiefe.	Tempera- turen.	1844—1846.	
?	77 Fufs	— 5°,5 R.	— 5°,97	— 0,47
?	119 -	— 4,0	— 4,99	— 0,99
?	217 -	— 2,0	— 3,70	— 1,70
1. April 1836	301 -	— 1,0	— 3,10	— 2,22
15. October 1836	— -	— 1,5		
27. November 1836	— -	— 0,5		
28. Januar 1837	— -	— 0,5		
31. März 1837	373 -	— 0,5	— 2,51	— 2,01

Die letzte Columnne zeigt uns die Differenzen zwischen den Schergin'schen Beobachtungen und der Temperatur der entsprechenden Erdschichten, wie die neuern Beobachtungen sie nach den weiteren Thermometern anzudeuten scheinen.

Wie soll es nun zugehen, dafs Schergin die tiefsten Stationen 2 Grad zu warm fand? Er setzt sein Thermometer in den Boden des Schachtes ein, und unterschied dessen Temperatur von der Temperatur der Luft im Schachte. Er hätte also, wenn wir zugeben, dafs keine spätere Abkühlung eintrat, die bleibende Temperatur der verschiedenen Boden-Tiefen ablesen sollen. Sollen wir annehmen, dafs seine Thermometer völlig falsch waren? Dagegen spricht der Umstand, dafs in den höheren Stationen die Differenzen viel geringer sind. Ja, diese Differenzen sind ziemlich regelmäfsig wachsend, wodurch auch die Vermuthung widerlegt wird, dafs etwa die Arbeit in der Grube Luft und Boden erwärmt habe, da sich nicht absehen läfst, warum die Gruben-Arbeit in der Tiefe von 77 Fufs den Boden nur um 0°,4 und dann immer mehr bis über 2 Grad erwärmte. Die fast regelmäfsige Zunahme der Differenzen spricht auch gegen eine völlig unaufmerksame Ablesung, welche um einige Grade falsch gewesen wäre. Eine grofse Genauigkeit soll damit nicht behauptet werden, da über-

haupt nur halbe Grade verzeichnet sind, und die vierfachen Angaben für den Boden als er 43 Faden (301 Fufs) tief war, schlechte Ablesungen oder Schreibfehler vermuthen lassen. Solche Liederlichkeiten können aber keine Progression geben. Wir erkennen dagegen in einer solchen Progression eine Abkühlung, die allmählig weiter dringt, und um so auffallender wird, je wärmer ursprünglich die Erdschichten vor der Eröffnung waren¹⁾).

Das Maafs der Abkühlung haben wir nicht vollständig in den Differenzen zwischen den Beobachtungen Schergin's und denen der Expedition, denn sie mußte schon während der Arbeit wirken, hatte also schon gewirkt als Schergin in der Tiefe von 77 Fufs sein Thermometer in den Boden einsetzte und ohne Zweifel schon als Hr. Prof. Erman nach Verlauf des ersten Winters in 50 Fufs Tiefe beobachtete.

Ja, ich kann nicht umhin eine allmählige, wenn auch geringe Abkühlung aus allen Beobachtungen heraus zu lesen, welche Hr. v. Middendorff aus den neuen Gruben uns mittheilt, mit Ausnahme der *Witimsk*-Grube, wo überall der Boden mehrere Grade über dem Nullpunkte erwärmt war.

- 1) Man könnte mir einwerfen, daß ich, wie bei der Vergleichung der Erman'schen Beobachtungen mit den neuern, die nähern Thermometer der letztern in der obigen Tabelle hätte vergleichen sollen. Allein es kam vorzüglich darauf an, anschaulich zu machen, daß die Schergin'schen Beobachtungen fast gar nicht mit der Ueberzeugung zu vereinigen sind, daß die jetzigen Temperaturen im Schergin-Schachte die wahren Boden-Temperaturen auch nur annähernd angeben. Für diesen Zweck waren die mehr schwankenden Angaben der nähern Thermometer weniger brauchbar, da die weitem Thermometer durch die Progression der Differenzen beweisen, daß Schergin's Beobachtungen, wenn auch gewiß nicht sehr genau, doch nicht ganz zu verwerfen sind.

Indessen habe ich auch die nähern Thermometer-Angaben unserer Expedition mit den Schergin'schen verglichen und folgende Differenzen gefunden: für 77 F. Abkühlung um $1^{\circ},68$; für 119 F. um $1^{\circ},46$; für 217 F. um $1^{\circ},5$; für 301 F. um $1^{\circ},66$ und für 371 F. um $2^{\circ},05$. Diese Differenzen sind einander gleicher, mit schwankendem Wechsel; doch ist auch hier die tiefste am größten.

Auch die *Olekminsk*-Grube könnte für unsere Ansicht geltend gemacht werden, hat jedoch wenig Beweiskraft, da sie nur die Tiefe von 21 Fufs erreichte, und in ihr nur im Sommer beobachtet wurde. In der Grube von *Amginsk* las man, in der Seitengrube in 20 Fufs Tiefe¹⁾, am 27. März — $1^{\circ},25$ und dann täglich weniger Wärme, so dafs am 3. April dasselbe Thermometer — $2^{\circ},15$ hatte. War etwa die Welle der Winterkälte im Absteigen? Allein im Bohrloche fiel in 35 Fufs, wo der Wechsel der Jahreszeiten kaum merklich seyn sollte, und zwar im Verlaufe einer Woche, die Temperatur von — $1^{\circ},0$ auf — $1^{\circ},55$. Auf allen höhern Stationen (7' und 15') war die Zunahme der Kälte noch auffallender. „Das ist ja offenbare Folge vom Eindringen der äufseren Luft, welche am Ende des März und in den ersten Tagen des Aprils noch sehr kalt seyn mufs“, wendet man vielleicht ein. Wir zweifeln nicht daran, sondern glauben an solchen Gruben und Bohrlöchern, in denen in zweien Jahren beobachtet wurde, den augenfälligen Beweis von der anhaltend abkühlenden Wirkung der eindringenden kalten Luft nachweisen zu können. In der *Amginsk*-Grube wurde im Bohrloche in 50 Fufs Tiefe im Jahre 1845 zuerst — $1^{\circ},55$, dann steigend bis — $1^{\circ},8$, in folgendem Jahre nur einmal — $1^{\circ},75$, meistens aber (neunmal) — $1^{\circ},9$ abgelesen. Das Mittel war für 1845 — $1^{\circ},65$ R., für 1846 aber — $1^{\circ},88$ R. In der *Schilow*-Grube bei Jakutsk fand man in derselben Tiefe am 7. April — $2^{\circ},5$ R., im Mai desselben Jahres — $3^{\circ},0$ und — $3^{\circ},1$, im April des folgenden Jahres — $3^{\circ},2$. Beide Reihen von Beobachtungen, welche allerdings nur eine Abkühlung von einigen Zehntheilen von Graden anzeigten, wurden in Bohrlöchern angestellt, welche aus dem Boden von nicht sehr tiefen Gruben getrieben waren. In den Seitenwänden der Gruben ging die Abkühlung sehr viel rascher vor sich, worüber wir das Reisewerk selbst zu vergleichen bitten.

Wir haben damit auch schon die Ursache angedeutet,

1) In den neuen Gruben oder Schächten wurden die Thermometer in Seitenhöhlen 4 Fufs weit in die Wand eingesetzt.

der wir die bedeutende Abkühlung im Schergin-Schachte zuschreiben. Die kalte Luft des Jakutsker Winters, die häufig und anhaltend unter — 30° R. erkaltet ist, mußte nothwendig während der Arbeit und so lange der Schacht nach seiner Vollendung offen stand, in ihn einsinken. Hätte sie in ihm in Ruhe bleiben können, so würde die Wirkung dieser Luftsäule auf die Wand des Schachtes nicht sehr bedeutend geworden seyn, allein in den tiefen Regionen des Schachtes durch die Wand desselben erwärmt, mußte sie immer wieder sich erheben, während andere Luft einströmte. So mußte ein fortgehender *Courant ascendant* und *descendant* im Innern des Schachtes in den kälteren Jahreszeiten bestehen, dessen Wirkung nur Abkühlung seyn konnte, denn kältere Luft drang ein und was die aufsteigende Luft an Wärme gewonnen hatte, war ja der nächsten Umgebung des Schachtes entzogen. So war es denn natürlich, dafs mit dem Weitertreiben des Schachtes, man Wände und Boden gefroren fand, auch nachdem man den Nullpunkt der gewöhnlichen Boden-Temperatur schon überschritten hatte. Hätte man rasch bohren können, so hätte man vielleicht den aufgethauten Boden erreicht, aber, ohne Bohrer, langsam mit Keilhauen einen Schacht von 3½ Arschin oder 98 Zoll E. im Quadrat fortführend, arbeitet man, wie wir glauben, in den letzten Jahren innerhalb einer Scheide von Boden-Eis, welche sich mit der Förderung der Schachten von selbst verlängerte. Dafs während der wärmeren Jahreszeit die atmosphärische Luft nicht eindrang, ist ebenso wahrscheinlich. Da sie viel zu leicht war, konnte sie nur durch Wärme-Mittheilung, ohne Luftströmung von oben sehr langsam und wenig wirken. Dennoch wird es im Sommer in dem gröfseren Theile des Schachtes an Bewegung der Luft nicht gefehlt haben, da die Luft auf dem Boden des Schachtes, so bald sie dessen Temperatur angenommen hatte, nothwendig mit der schweren Luft in den höhern Regionen einen aufsteigenden und absteigenden Strom erhalten mußte. Diese Bewegung innerhalb des Schachtes konnte, wie es scheint, auch nicht
fehlen,

fehlen, wenn er ganz hermetisch jahrelang geschlossen gewesen wäre. Ja, die Erkältung während des Winters wirkte doch gewiß durch die schützende Decke hindurch, und mußte, wenn sie auch gar keine Luft von außen eindringen ließe, doch die Luft in der obersten Region des Schachtes abkühlen und den Gewichts-Unterschied zwischen ihr und den untersten Schichten noch vermehren.

Wir unterscheiden also eine Strömung, welche durch das Eindringen der sehr kalten äußern Luft bedingt, wesentlich zur Abkühlung des ganzen Schachtes beitragen mußte, da sie erst wieder aufsteigen konnte, wenn sie dem Schachte und besonders den tiefsten Theilen desselben viele Wärme entzogen hatte, und im Sommer nicht umgekehrt warme Luft eindrang ¹⁾, und eine andere, welche nicht kalte Luft von außen einführte, sondern mehr die Wirkung hatte, die Temperaturen verschiedener Tiefen mit einander auszugleichen, also die tiefern Stationen abzukühlen und die höhern zu erwärmen.

Die Art dieser Strömungen stelle ich nur als Vermuthungen hin, da wirkliche Beobachtungen fehlen. Ich glaubte ihre Wandelbarkeit nur erwähnen zu müssen, weil manches auffallende Ergebniss der neueren Beobachtungen, das auf den ersten Blick gegen eine allmälige Erkältung zu sprechen scheint, durch die Veränderlichkeit der Strömungen verständlich gemacht werden kann. So ist es z. B. sehr auffallend, daß in allen Stationen unterhalb 200 Fufs Tiefe die näheren Thermometer eine höhere Temperatur anzeigten als die entfernteren und zwar während der ganzen Zeit der Beobachtungen von 1844 bis 1846, dagegen in den Stationen über 200 Fufs, bis zu den wechselnden Temperaturen hinauf, die näheren Thermometer kälter gefunden wurden als die weiteren. Woher dieses Phänomen und zwar in allen Jahreszeiten? Vor der neuen Eröffnung war der Schacht während sechs Jahre durch eine starke

1) Ein Beweis von der Wirksamkeit dieser Strömung liegt darin, daß die Kohlensäure, welche im Sommer im Boden sich ansammelte, mit dem Beginne des Winters verschwand.

Ueberschüttung gut geschlossen gewesen, die eingeschlossene Luft hatte also Zeit genug gehabt, ihre Wirkung nicht nur auf die nächste Wandung, sondern auch nach der Leitungs-Fähigkeit des Bodens zur Seite weithin auszudehnen. Immer aber sollte die nächste Schicht der Wand die kälteste seyn, wenn, wie wir glauben, die allmälige Abkühlung vom Inneren des Schachtes ausging. — Wir zweifeln auch nicht, daß das Verhältniß so war, so lange der Schacht verschlossen blieb, daß aber später eine Veränderung eintrat. Diese mußte, abgesehen von der Wärme, welche die Beobachter und ihre Lichter mitbrachten, schon dadurch eintreten, daß die abgeschlossene Strömung in eine offene sich verwandelte. Die abgeschlossene Strömung war aber, wie es uns scheint, eine mehr ausgleichende, welche die oberen Tiefen auf Kosten der unteren erwärmte, und die unteren abkühlte. Die neu eintretende Abkühlung in der oberen Hälfte der unmittelbaren Wandfläche war also nothwendige Folge der Eröffnung. Genügt sie aber auch um die eingetretene Erwärmung in der unteren Hälfte verständlich zu machen? Vielleicht. Indessen mögen noch andere Verhältnisse hinzugekommen seyn. Wenn etwa der aufsteigende Strom, der ja erwärmend wirken muß, eine andere Richtung erhalten hatte, als ihm früher zukam, so wird er auf die Ecke, welcher er jetzt näher ist, erwärmend wirken. Nun erfahren wir, daß vor dem Eingehen in den Schacht eine massive Eisbrücke, die drei Viertel von der Höhlung des Schachtes einnahm, weggebrochen werden mußte. Verändert wurde die Richtung der Luftströmungen dadurch nothwendig. Alle Thermometer lagen übereinander in derselben Ecke des Schachtes. Ob nicht der aufsteigende Strom dieser Ecke in ihrer unteren Hälfte näher war als früher? Für künftige Beobachtungen wäre zu rathen, daß man auch in die gegenüberstehende Ecke Thermometer einsetzte.

Doch möge die Bewegung der Luft im Innern des Schachtes seyn wie sie wolle — es scheint unläugbar, daß die

Wände des Schergin-Schachtes bedeutend kälter sind als der umgebende Boden bei Jakutsk.

Ist diese Vermuthung richtig, so folgt daraus:

1) Das wir aus den Temperaturen in der Wand des Schergin-Schachtes nicht einmal annähernd auf die Boden-Temperaturen in verschiedenen Tiefen unter Jakutsk schliessen können.

2) Dafs wir ferner die Wärme-Leitungsfähigkeit des gefrorenen Bodens aus dem genannten Schacht nicht ableiten dürfen, und sie mithin noch gar nicht kennen. Ich halte sie, nach den alltäglichen Erfahrungen über das Vordringen der Kälte durch das Eis und den gefrorenen Boden, für viel geringer als sie nach den Jakutsker Beobachtungen scheint.

3) Dafs wir also auch die Mächtigkeit des Eis-Bodens nicht schätzen können, selbst wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuen Gruben als mafsgebend betrachten, wie ich sie allerdings für annähernd richtig halte.

Wenn wir die Temperatur-Beobachtungen in den neuern Gruben als mafsgebend betrachten, so folgt aber auch, dafs in diesen Gegenden, wo die mittlere Temperatur der Luft tief unter dem Nullpunkt steht, der Boden einer viel höhern Temperatur geniefst. Die mittlere Luft-Temperatur ist in Jakutsk nach den neuern Beobachtungen etwa $-8^{\circ},7$ R., die Boden-Temperatur in 50 Fufs Tiefe, nach der *Schilow*- und der *Mangan*-Grube zwischen $-2^{\circ},5$ und -3° R. Dieser Unterschied ist allerdings sehr grofs. Allein *Wahlenberg* fand schon in Lappland die Temperatur der Quellen um mehrere Grade höher als die mittlere der Luft. Die Schneedecke, welche im Winter von der Kälte nur sehr langsam durchdrungen wird, vor dem Sommerr aber schwindet, wird diesen Unterschied vorzüglich bedingen. Dazu kommt, dafs im Sommer der Regen die wärmere Temperatur der Luft mehr oder weniger in die Tiefe führt, im Winter aber der Schnee die ihm mitgetheilte Temperatur nur zum Theil der tiefer liegenden Schnee-Schicht mittheilt,

zum Theil wieder der Luft. Der Schnee, der meistens bei mäßiger Kälte fällt, ist, wenn das Wetter hell und kalt wird, ein Erwärmer der untersten Luftschicht. Um diese Wirkung nicht zu gering anzuschlagen, muß man sich nur erinnern, daß die gesammte Schneedecke in kältern Klimaten gleichsam die Summe der wärmsten Wintertage ist. Die jedesmalige oberste Schicht des Schnees wird ihre Wärme größtentheils nach oben an die meistens kältere und bewegte Luft abgeben, in sehr geringem Maasse durch die schlecht leitende untere Schneeschicht an den ebenfalls schlecht leitenden gefrorenen Boden. — In wie weit das abwechselnde Frieren und Aufthauen in den obersten Erdschichten auf die Differenz zwischen der Luft und Boden-Wärme Einfluß ausübt, möge künftigen Unternehmungen als Aufgabe hingestellt werden. Bis dahin denke ich mir, daß dieser Wechsel, nach der Abhängigkeit des Bodens, den Unterschied zwischen Luft- und Boden-Temperatur verändern muß. Mit dem Flüssigwerden des Wassers wird Wärme gebunden. Ist der Boden so beschaffen, daß von diesem Wasser viel abfließt, so verliert er viel von der ihm gehörenden Wärme; läßt er wenig abfließen, so behält er sie bei sich. Dagegen wird freilich der trockne Boden von der Sonne viel mehr durchwärmt als der wasserhaltige.

Hr. v. Middendorff scheint in der großen Differenz, welche bei Jakutsk zwischen der Luft- und der Boden-Temperatur sich ergiebt, wenn man die Temperaturen in den neuen Gruben für die normalen hält, einen wichtigsten Bestimmungsgrund, wenn nicht den wichtigsten gefunden zu haben, die Temperaturen des Schergin-Schachtes für die normalen zu halten.

Ich wünsche sehnlichst eine Entscheidung dieser Frage und in diesem Wunsche liegt der Grund zu meinem heutigen Vortrage. Es scheint mir eine Ehrensache für die Akademie, diese Entscheidung so bald als möglich herbeizuführen.

Neue und auf ein Paar hundert Fufs tiefgehende Bohr-

löcher scheinen erforderlich, so wie jetzt, nach dem Verlaufe einiger Jahre eine neue Reihe von Beobachtungen im Schergin-Schachte, theils in den alten Stationen, theils in denselben Tiefen in der diagonal gegenüberstehenden Ecke. Am entscheidendsten würde wohl die Frage gelöst, wenn man im Schergin-Schachte sehr weit, 60 — 100 Fufs etwa, nach der Seite bohren könnte, um zu erfahren, ob der Schacht mit seiner tiefern Hälfte blofs eine erkältete Scheide um sich hat oder nicht. Hr. v. Middendorff hat am Schlusse der ersten Lieferung vom ersten Bande seines Reisewerks einen Horizontalbohrer vorgeschlagen, mit dem man in ungefrorenem Boden bis 30 Fufs in Einem Tage soll vordringen können. Mit diesem Instrumente läfst sich bestimmter Erfolg erwarten. Der Unterschied in den Entfernungen der angewendeten Thermometer von 1 Fufs und 7 Fufs war bei dem Wechsel, dem die näheren Thermometer ausgesetzt sind, zu gering, um die Leitungsfähigkeit des Bodens bestimmen zu können.

Bis es zu einer neuen Expedition mit neuen Apparaten kommt, kann ich nicht umhin zu glauben, dafs eine vorläufige Untersuchung der neuen Schachte durch eine Person, deren Ablesungen bis auf einen halben Grad zuverlässig sind, die Frage entscheiden mufs, ob der Schergin-Schacht um mehrere Grade erkaltet sey. Wenn nämlich meine Vermuthung begründet ist, dafs in eine so durchsunkene Stelle die Kälte bedeutend eindringt, so müssen auch die Wände der neuen kürzeren Schachte jetzt wohl bedeutend kälter seyn als zur Zeit der früheren Beobachtungen.

Für die Leitungsfähigkeit des gefrorenen Bodens wird man auf diese Weise freilich noch kein erträgliches Resultat finden.

V. *Ueber einige Eigenschaften der Borsäure, und über die quantitative Bestimmung derselben;*
von Heinr. Rose.

Bekanntlich ist die quantitative Bestimmung der Borsäure mit solchen Schwierigkeiten verbunden, daß wir bis jetzt keine andere Methode kennen, die Menge der Borsäure mit Sicherheit in Verbindungen zu finden, als die, die Quantitäten der Basen, die mit der Borsäure verbunden sind, zu bestimmen, und die Menge der Borsäure aus dem Verluste zu berechnen.

Man bestimmt die Basen in ihren Verbindungen mit Borsäure, entweder auf die Weise, daß man sie aus den Auflösungen durch Schwefelwasserstoff oder andere Reagentien abscheidet, oder daß man die Borsäure aus ihren Verbindungen als Fluorborgas verjagt. Diese Methode, deren sich zuerst Arfvedson bediente, giebt die genauesten Resultate.

Ueber die Verflüchtigung der Borsäure aus ihrer wässrigen Lösung, und über die quantitative Bestimmung derselben in ihrer Auflösung in Wasser. — Die Borsäure verflüchtigt sich in ihrer Auflösung in Wasser mit den Dämpfen derselben mehr als irgend eine andere der sogenannten feuerbeständigen Säuren, und selbst als solche, welche aus ihren Verbindungen durch Borsäure ausgetrieben und bei erhöhter Temperatur verjagt werden können. Die Flüchtigkeit der Borsäure in ihrer Auflösung in Wasser ist bedeutender, als man sie gewöhnlich annimmt. Durch längeres Erhitzen der Auflösung, besonders, wenn sie concentrirt ist, und man das abgedampfte Wasser von Zeit zu Zeit erneut, würde man gewiß im Stande seyn, eine gewisse Menge gänzlich zu verflüchtigen. Es wurden 0,565 Grm. wasserfreier Borsäure in 12 Unzen Wasser gelöst und diese Lösung abgedampft; dieselbe Quantität Wasser wurde noch zweimal angewandt, endlich der Rückstand mit sehr

kleinen Mengen Wasser, die nur zu seiner Auflösung hinreichen, übergossen und das Ganze an einem mäßig warmen Ort dem Verdampfen überlassen. Nach zwei Tagen wog der geschmolzene Rückstand nur 0,100 Grm. Es hatten sich also 82,30 Proc. Borsäure verflüchtigt.

Erhitzt man Borsäure bis zum Schmelzen im Platintiegel, so nimmt das Gewicht derselben beständig ab, wenn der Zutritt der Luft nicht sorgfältig vermieden wird; die Abnahme ist aber weit bedeutender, wenn das Erhitzen bis zum starken Glühen gesteigert wird. Immer aber beträgt diese Abnahme nur einige Milligramme. Befeuchtet man aber die erkaltete Borsäure mit einem Tropfen Wasser, und erhitzt von Neuem bis zum Glühen, so beträgt die Gewichtsabnahme einige Centigramme, und sie wird noch um etwas bedeutender, wenn man statt des Wassers einen Tropfen Alkohol anwendet. Am besten vermeidet man die Gewichtsabnahme beim Schmelzen der Borsäure, wenn man eine kleine Menge von kohlensaurem Ammoniak auf die Oberfläche der Säure bringt.

Man weiß noch nicht mit Sicherheit, ob die geschmolzene Borsäure wasserfrei ist. Man kann sich aber leicht davon überzeugen. Bringt man in geschmolzene Borsäure Stücke von geschmolzenem Chlornatrium, so kann nicht die mindeste Entwicklung von Chlorwasserstoff bemerkt werden, auch wenn das Ganze längere Zeit glüht. Es verflüchtigt sich dann nur Borsäure. Befeuchtet man aber die erkaltete Masse mit einem Tropfen Wasser, und glüht bei zugemachtem Deckel, so bemerkt man beim Oeffnen des Deckels einen deutlichen Geruch von Chlorwasserstoff, und ein mit Ammoniak benetzter Glasstab, der über die Masse gehalten wird, bringt die bekannten Nebel des Chlorammoniums hervor. Durch diesen Versuch, den man mit demselben Erfolge sehr oft wiederholen kann, überzeugt man sich leichter von der Abwesenheit des Wassers in der geschmolzenen Borsäure, als durch das Schmelzen derselben mit frisch geglühtem Bleioxyd.

Wegen der Flüchtigkeit der Borsäure beim Abdampfen

der wässrigen Auflösung ist es mit sehr großen Schwierigkeiten verknüpft, die Menge derselben darin zu bestimmen.

Man hat vorgeschlagen, die Verflüchtigung der Borsäure beim Abdampfen auf die Weise zu vermeiden, daß man die Auflösung vor dem Abdampfen mit Ammoniak übersättigt. Aber die Verwandtschaft der Borsäure zum Ammoniak ist eine so geringe, daß sich dasselbe mit den Wasserdämpfen zugleich verflüchtigt. Uebersättigt man eine concentrirte wässrige Auflösung der Borsäure mit Ammoniak, fügt dann Alkohol hinzu und zündet diesen an, so brennt er nur anfangs nicht mit grüner Farbe, wohl aber später. Nur das Zusetzen der feuerbeständigen Alkalien verhindert die Verflüchtigung der Borsäure vollständig, weshalb alsdann hinzugefügter Alkohol nach dem Anzünden keine grüne Flamme zeigt.

Es wurden 0,700 Grm. wasserfreier Borsäure in wässrigem Ammoniak aufgelöst und unter beständigem Zusetzen von neuen Mengen concentrirter Ammoniakflüssigkeit bis zur Trockniss abgedampft; die abgedampfte Säure wurde in einer Atmosphäre von kohlensaurem Ammoniak geglüht. Sie wog dann nur 0,620 Grm.; es hatte also ein Verlust von 11,43 Proc. Borsäure stattgefunden.

Dieser Verlust ist sogar etwas bedeutender, als wenn die concentrirte wässrige Auflösung der Borsäure für sich, ohne Zusatz von Ammoniak, abgedampft wird. Denn jene 0,620 Grm. in Wasser gelöst, gaben nach dem Abdampfen 0,554 Grm. der geschmolzenen Säure. Der Verlust war in diesem Falle also nur 10,66 Proc. — Jedenfalls ergibt sich aus diesen Versuchen, daß das Ammoniak in nichts die Flüchtigkeit der Borsäure vermindert.

Bei einer Untersuchung des Datoliths von Rammelsberg ¹⁾ hatte derselbe die Borsäure auf die Weise quantitativ bestimmt, daß er, nach Aufschließung des Minerals in Chlorwasserstoffsäure, die Auflösung nach Abscheidung der Kieselsäure mit Ammoniak übersättigte, die Kalkerde durch Oxalsäure fällte, die filtrirte Flüssigkeit vorsichtig zur

1) Pogg. Ann. Bd. 47, S. 169.

Trocknifs abdampfte und den trocknen Rückstand im bedeckten Platintiegel schmelzte. Er hatte hierbei ein Resultat erhalten, das sich der Wahrheit näherte.

In der verdampften Flüssigkeit konnte aufser freiem Ammoniak nur Chlorammonium und oxalsaures Ammoniak enthalten seyn. Es schien mir daher wahrscheinlich, daß die Gegenwart des Chlorammoniums die Verflüchtigung der Borsäure beim Verdampfen ihrer wässrigen Auflösung verhindern könne.

Als Hr. Weber 1,650 Grm. Borsäure, in Wasser gelöst, mit Chlorammonium versetzte, das Ganze in einer Platinschale zur Trocknifs abdampfte, und den trocknen Rückstand in einem Platintiegel so lange glühte, bis sich keine Dämpfe von Chlorammonium mehr entwickelten, erhielt er einen Rückstand, welcher bei der Temperatur, bei welcher reine Borsäure sehr leicht schmilzt, nicht zum Schmelzen zu bringen war. Das Gewicht des Rückstands betrug 1,404 Grm., also nur 85,10 Proc. der angewandten Borsäure. Er wurde der stärksten Hitze ausgesetzt, welche durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge hervorbringen war, ohne ihn schmelzen zu können. Das Gewicht nahm merkwürdiger Weise dabei noch zu, und vermehrte sich bis zu 1,430 Grm. Wurde eine gewogene Menge von Bleioxyd hinzugefügt, so schmelzte dasselbe mit dem Rückstande zusammen, das Bleioxyd wurde dabei reducirt, das Gewicht des Ganzen aber nur unbedeutend verändert.

Durch Einwirkung des Chlorammoniums auf Borsäure hatte sich der von Balmain zuerst dargestellte und später von Wöhler¹⁾ näher untersuchte Borstickstoff gebildet. Er bleibt ungelöst, wenn man, nachdem man eine Auflösung von Borsäure, mit Chlorammonium versetzt, zur Trocknifs abdampft, die trockne Masse glüht und nach dem Erkalten mit Wasser behandelt. Er bildet ein weisgraues Pulver, das sich ganz auswaschen läßt. Nach dem Trocknen nimmt er eine dunklere Farbe an. Mit Kalihydrat ge-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 467.

schmolzen entwickelt das Pulver einen starken Geruch nach Ammoniak; nach dem Auflösen der geschmolzenen Masse konnte in der Auflösung kein Chlorgehalt nachgewiesen werden.

Die angegebene Darstellungsart dieses merkwürdigen Körpers ist vielleicht die leichteste und zweckmäßigste. Mengt man gepulverte Borsäure mit Chlorammonium innig zusammen, und glüht das Gemenge, so wirken beide nicht so leicht aufeinander, als wenn sie vorher aufgelöst worden sind. Das Gemenge schmilzt, und man erhält nicht eine so bedeutende Menge. Man erhält gar keinen Borstickstoff, wenn man die Auflösung der Borsäure mit Chlorammonium versetzt, in einer Platinschale abdampft, und die abgedampfte Masse, in der Schale selbst, beim Zutritt der Luft glüht. Ein Zusatz von freiem Ammoniak zum Chlorammonium verhindert die Entstehung des Borstickstoffs übrigens nicht.

Wird Borsäure im aufgelösten Zustand mit salpetersaurem Ammoniak abgedampft und die abgedampfte Masse geglüht, so erhält man nach dem Auflösen keinen Borstickstoff. Die Masse schmilzt wie reine Borsäure und löst sich nachher vollständig im Wasser auf. Als aber versucht wurde, eine gewogene Menge von Borsäure gemeinschaftlich mit salpetersaurem Ammoniak abzdampfen, schäumte beim Erhitzen der abgedampften Masse dieselbe durch das sich entwickelnde Stickstoffoxydulgaz so stark, daß ein Uebersteigen nicht zu verhindern war. Man konnte sich indessen überzeugen, daß auch durch salpetersaures Ammoniak die theilweise Verflüchtigung der Borsäure nicht vermieden werden konnte.

Da man die Menge von Phosphorsäure und von Arseniksäure, wenn diese Säuren im Wasser aufgelöst sind, auf keine Weise besser quantitativ bestimmen kann, als auf die, daß zu den Auflösungen eine gewogene Menge von frisch geglühtem Bleioxyd gesetzt, das Ganze abgedampft, und die trockene Masse erhitzt oder geglüht wird, so wurden ähnliche Versuche auch mit der Borsäure ange-

stellt, in der gewissen Ueberzeugung, auf diese Weise die Verflüchtigung der Borsäure beim Abdampfen zu verhindern.

Aber auch diese Methode gab kein, auch nur entfernt sich der Wahrheit näherndes Resultat. Hr. Weber dampfte die Auflösung von 1,143 Grm. geschmolzener Borsäure mit 5,616 Grm. Bleioxyd ab, und glühte das Abgedampfte in einem Porcellantiegel. Es schmolz und gab ein nach dem Erkalten gelb aussehendes durchsichtiges Glas, das aber nur 6,588 Grm. wog. Es hatte also ungeachtet der Gegenwart eines so stark basisch wirkenden Oxyds wie das Bleioxyd, ein Verlust von 14,96 Proc. Borsäure, die sich beim Abdampfen verflüchtigt hatte, stattgefunden.

Es wurde dieser Versuch modificirt wiederholt. 7,246 Grm. Bleioxyd wurden in Salpetersäure gelöst, die Lösung mit 0,704 Grm. Borsäure abgedampft und die trockne Masse in einem Porcellantiegel geglüht und geschmolzen. Die geschmolzene Masse wog aber nur 7,793 Grm. Der Verlust an Borsäure betrug in diesem Versuche daher 22,30 Proc. und war also beträchtlicher als beim Vorhergehenden.

Da die feuerbeständigen Alkalien die einzigen Basen zu seyn scheinen, welche im Uebermaafs zu einer Auflösung von Borsäure gesetzt, die Verflüchtigung derselben beim Abdampfen ihrer wässrigen Lösung verhindern, so suchte ich das dreibasische phosphorsaure Natron (Na^3P) zu diesem Zwecke anzuwenden, da in diesem das dritte Atom des Natrons nur mit schwacher Verwandtschaft gebunden ist, und bekanntlich in der Auflösung schon durch Kohlensäure von der Phosphorsäure getrennt werden kann. Das phosphorsaure Salz wurde von grofser Reinheit angewandt. Hr. Weber löste 1,220 geschmolzener Borsäure und 6,508 Grm. des dreibasischen Salzes, im wasserfreien Zustand, in Wasser auf und verdampfte die Auflösung bis zur Trockniß. Das Abdampfen mußte mit Vorsicht im Wasserbade geschehen, da die Masse über freiem Feuer abgedampft eine grofse Neigung zum Spritzen zeigte. Sie blieb lange in einem syrupartigen Zustand und überzog sich mit einer Haut, welche das fernere Verdampfen des

Wassers sehr erschwerte. Endlich stärker erhitzt, blähte sie sich zwar stark auf, spritzte aber nicht. Nach mehreren Wägungen wog sie 7,585 Grm. Es hatte also ein Verlust von Borsäure und zwar von 11,72 Proc. stattgefunden.

Es wurden nun die feuerbeständigen Alkalien in ihrem kohlen-sauren Zustande angewandt. Selbst durch eine concentrirte Auflösung der Borsäure wird die Kohlensäure in der Kälte aus den kohlen-sauren Alkalien nicht ausgetrieben, und beim Erhitzen nur in einem sehr geringen Grade; erst wenn die Auflösungen der Borsäure und der kohlen-sauren Alkalien bis zur Trockniss abgedampft worden sind, und man die trockene Masse zu erhitzen und zu glühen anfängt, findet die Entwicklung der Kohlensäure statt, ohne ein starkes Schäumen zu bewirken.

Wenn man die Menge der Borsäure in ihrer wässrigen Auflösung quantitativ bestimmen will, so kann keine andere Methode angewandt werden, als die, zu der Auflösung ein Uebermaafs einer gewogenen Menge von wasserfreiem kohlen-sauren Natron hinzuzufügen, das Ganze bis zur Trockniss abzdampfen, die trockene Masse zu glühen, ihr Gewicht, und darauf die Menge der nicht ausgetriebenen Kohlensäure zu bestimmen, woraus sich dann das der Borsäure ergibt.

Diese Methode ist freilich zeitraubend, giebt aber ein genaues Resultat, doch nur, wenn mit gewisser Vorsicht bei der Untersuchung verfahren wird.

Hr. Weber löste 1,804 Grm. geschmolzene Borsäure gemeinschaftlich mit 3,988 Grm. geschmolzenem kohlen-saurem Natron in Wasser auf. Die Lösung wurde zur Trockniss abgedampft, die saure Masse vorsichtig geglüht, und zum Schmelzen gebracht. Bei starker Hitze war die Masse dünnflüssig, bei schwächerer aber zähe.

Wurde die Masse bei der stärksten Hitze geschmolzen, welche ein kleiner Platintiegel durch die Hitze einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit aufgesetztem Schornsteine erhalten kann, so war das Gewicht nach dem Erkalten ein constantes, und veränderte sich auch nicht

durch längeres Stehen. Wurde der Tiegel aber darauf ohne Schornstein bei mäßiger Hitze geglüht, so nahm das Gewicht etwas zu; es war aber nicht möglich, dadurch ein constantes Gewicht zu erhalten.

Beim schwächeren Glühen nimmt also die Masse wieder etwas Kohlensäure auf, die sie beim stärkeren Glühen verloren hatte.

Die bei starker Hitze erhaltene Masse wog 4,345 Grm. Durch schwächeres Glühen konnte das Gewicht nach und nach bis zu 4,375 Grm. vermehrt werden, das sich aber wieder bis zu 4,345 Grm. durch erneutes starkes Glühen verminderte.

Diese Versuche sind öfters mit demselben Erfolge wiederholt worden.

Durch schwächeres Erhitzen hatte sich die Masse wieder bis zum Gewicht von 4,360 Grm. vermehrt. In diesem Zustande wurde sie in einem Apparate, wie man sich dessen zur Kohlensäure-Bestimmung bedient, durch Schwefelsäure zersetzt. Es wurden 0,215 Grm. Kohlensäure entbunden.

Zieht man von dem Gewichte der geschmolzenen Masse 2,338 Grm. oder die Menge des Natrons in dem angewandten kohlensauren Natron, so wie die 0,215 Grm. der in der geschmolzenen Masse enthalten gewesenen Kohlensäure ab, so erhält man 1,807 Grm. für die Menge der Borsäure. Diefs ist aber sehr nahe das Gewicht der angewandten Säure.

Man sieht also, dafs diese Untersuchung, die freilich etwas umständlich ist, ein sehr genaues Resultat gegeben hat. Es ist übrigens, wie leicht einzusehen, für das Resultat ganz gleichgültig, ob man das Schmelzen der Masse längere oder kürzere Zeit fortsetzt, und ob dabei eine sehr starke oder schwächere Hitze angewandt wird.

Die Menge der durch die Borsäure ausgetriebenen Kohlensäure steht zu jener in keinem sehr einfachen Verhältnisse, und diese ist kein einfaches Aequivalent für jene. Es waren durch 1,804 Grm. Borsäure aus dem kohlensauren Natron 1,435 Grm. Kohlensäure ausgetrieben worden.

Der Sauerstoff der angewandten Borsäure ist 1,2407 Grm., der der ausgetriebenen Kohlensäure aber 1,042. Jener verhält sich zu diesem wie 1:0,839. Es hatte sich also hierbei ein borsaures Natron gebildet, das gegen 2 Atome Borsäure $2\frac{1}{2}$ Atome Natron enthielt, also noch basischer war, als der sogenannte neutrale Borax.

Es darf dies keine auffallende Erscheinung seyn. Bei noch weit stärkerer Hitze als angewandt wurde, wäre noch mehr Kohlensäure als bei den erwähnten Versuchen verflüchtigt worden. Säuren, wie Borsäure, die in den mannigfaltigsten Verhältnissen sich mit Basen verbinden, treiben beim Schmelzen sehr ungleiche Mengen von Kohlensäure aus kohlen-sauren Alkalien aus. Ich hatte in der längst vergangenen Zeit, früher ehe Berzelius die Versuche bekannt gemacht hatte, welche Arfvedson über die Sättigungscapazität der Borsäure angestellt ¹⁾, eine Reihe von Versuchen über denselben Gegenstand ausgeführt, aber die Resultate derselben nicht veröffentlicht, weil sie mir keine genügende Resultate gaben, und mit denen von Arfvedson nicht übereinstimmten. Bei diesen schon vor 28 Jahren angestellten Versuchen schmelzte ich gewogene Quantitäten von Borsäure mit gewogenen Mengen von kohlen-saurem Natron zusammen, und fand das 100 Th. Borsäure sich mit 165,4; 162,6 und 168,8 Th. Natron verbinden. Arfvedson fand durch ähnliche Versuche, das 100 Th. Borsäure sich nur mit 135,5 Th. Natron vereinigten. Offenbar waren von uns beiden verschiedene Hitzgrade beim Schmelzen angewandt worden. Aber bei meinen früheren Versuchen wurde durch Borsäure noch mehr Kohlensäure ausgetrieben, als bei den jetzt beschriebenen und ein borsaures Natron erzeugt, das gegen 2 Atome Borsäure mehr als 3 Atome (3,6) Natron enthielt. Der Sauerstoff der angewandten Borsäure verhielt sich zu dem der vertriebenen Kohlensäure in den drei angeführten Versuchen wie 1:1,203; 1:1,212 und 1:1,258. In Arfvedson's Versuchen war der Sauerstoffgehalt der angewandten Borsäure dem der

1) Pogg. Ann. Bd. 2, S. 131.

ausgetriebenen Kohlensäure gleich, also ein borsaures Natron erzeugt worden, das gegen 2 Atome Borsäure 3 Atome Natron enthielt.

Es findet zwischen den verschiedenen Oxyden und Säuren, welche mit kohlensauren Alkalien zusammengeschmolzen, Kohlensäure aus diesen austreiben, ein bemerkenswerther Unterschied statt. Einige von ihnen verjagen eine bestimmte Menge von Kohlensäure, die in einem sehr einfachen Verhältnisse zu dem angewandten Oxyd steht, und gewöhnlich ein Aequivalent von ihm ist, und die verschiedenen Temperaturen, die man während des Schmelzens anwendet, so wie die Dauer des Schmelzens sind auf das Resultat von keinem wesentlichen Einfluß. Andere aber verhalten sich wie die Borsäure; sie verbinden sich in vielen Verhältnissen mit den Alkalien, und die Menge der ausgetriebenen Kohlensäure richtet sich nach verschiedenen Umständen, besonders nach den verschiedenen Temperaturen während des Schmelzens und nach der Dauer des Versuchs.

Zu diesen Oxyden gehören namentlich außer der Borsäure, die Titansäure, die Tantalsäure und die Pelopsäure, während die Niobsäure zu den Oxyden gerechnet werden muß, die sich nur in sehr einfachen Verhältnissen mit den Alkalien zu verbinden scheinen.

Diese Eigenschaft der Borsäure, verschiedene Mengen von Kohlensäure aus den kohlensauren Alkalien zu verjagen, ist aber ganz ohne Einfluß auf die quantitative Bestimmung dieser Säure in ihrer wässrigen Auflösung nach der oben angeführten Methode.

Es wurde ein ähnlicher Versuch zur Bestimmung der Borsäure in ihrer wässrigen Lösung mittelst des kohlensauren Kalis angestellt. Hr. Weber löste 1,418 Grm. Borsäure und 4,644 Grm. kohlensaures Kali in Wasser auf, und dampfte das Ganze bis zur Trockniß ab. Auch in diesem Falle fand eine Kohlensäureentwicklung nicht früher statt, als bis die Masse beinahe trocken war, besonders aber erst beim Glühen.

Nach dem Glühen der geschmolzenen Masse zeigte sich dieselbe sonderbare Erscheinung, die beim Schmelzen mit kohlen saurem Natron bemerkt worden war. Das Gewicht der bei schwächerer Hitze geschmolzenen Masse nahm ab, als die stärkste Hitze angewandt wurde, die eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit aufgesetztem Schornsteine zu geben vermag, vermehrte sich aber wiederum, als das Schmelzen bei geringer Hitze fortgesetzt wurde. Ohne aufgesetzten Schornstein geschmolzen wog die Masse 5,155 Grm. durch aufgesetzten Schornstein verminderte sie sich endlich bis zu 5,111 Grm.; nahm aber durch kurzes Glühen bei niedriger Temperatur bis zu 5,119 Grm. zu. Aus dieser Menge, durch Schwefelsäure zersetzt, entwichen 0,518 Grm. Kohlensäure.

Zieht man nun von dem Gewichte der geschmolzenen Masse die Menge des Kalis im angewandten kohlen sauren Kali oder 3,162 Grm. Kali ab, so wie hoch 0,518 Grm. Kohlensäure, so erhält man für die Borsäure 1,434 Grm.; was auch ziemlich gut mit der angewandten Menge übereinstimmt. Da das kohlen saure Kali nicht mit solcher Sicherheit im wasserfreien Zustand, wie das kohlen saure Natron gewogen werden kann, so ist das erhaltene Resultat nicht so genau, wie im ersten Versuche.

Es sind durch 1,418 Grm. Borsäure 0,959 Grm. Kohlensäure aus dem kohlen sauren Kali durchs Schmelzen ausgetrieben worden. Der Sauerstoff der angewandten Borsäure ist 0,9756 Grm., der der ausgetriebenen Kohlensäure 0,686. Jene verhalten sich zu diesen wie 1:0,700.

Die Menge der Kohlensäure, welche durch Borsäure aus kohlen saurem Natron und aus kohlen saurem Kali ausgetrieben wurden, stehen in keinem einfachen Verhältnisse. Schon Arfvedson hat bemerkt, daß 100 Th. Borsäure sich beim Schmelzen mit kohlen saurem Kali mit 139 Th. Kali verbinden; der Sauerstoff der Borsäure verhält sich zu dem der ausgetriebenen Kohlensäure hiernach wie 68,8:47,2 also nahe wie 1:0,68. Es hatte sich hier also neutrales bor-

borsaures Kali (K⁺B⁻) gebildet. Ich hatte bei meinen früheren Versuchen gefunden, daß 100 Th. Borsäure sich beim Schmelzen mit 146,5 und 142,6 Th. Kali vereinigten, hiernach verhält sich der Sauerstoff der angewandten Borsäure zu dem der ausgetriebenen Kohlensäure wie 1 : 0,722, was mit dem oben beschriebenen Versuche übereinstimmt. Bei diesen Versuchen bildete sich also ein borsaures Kali, das etwas basischer als das neutrale Salz ist.

Trennung der Borsäure von Basen. — Es ist bekannt, daß man auf keine Weise die Borsäure in Verbindungen, wenigstens in denen in welchen sie einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, ihrer Menge nach sicherer und genauer bestimmen kann, als wenn man dieselben mit Fluorwasserstoffsäure, darauf mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, und die Borsäure als Fluorbor verjagt. Durch die Menge der erhaltenen schwefelsauren Salze läßt sich am sichersten die Menge der in der Verbindung enthaltenen Basen, und dann die der Borsäure aus dem Verluste finden.

Man kann indessen die Borsäure aus den borsauren Verbindungen noch auf eine andere Weise verjagen, nämlich als Borsäureäther, wenn man sie mit concentrirter Schwefelsäure und Alkohol behandelt. Doch steht diese Methode der mittelst Fluorwasserstoffsäure die Zersetzung zu bewirken, bei weitem nach, und kann nur dann angewandt werden, wenn man in Ermangelung einer Platinrorte sich nicht concentrirte Fluorwasserstoffsäure verschaffen kann.

Das Verfahren, das man bei dieser Methode zu beobachten hat, ist folgendes: Nachdem man das Gewicht der borsäurehaltigen Verbindung bestimmt hat, wird dieselbe, am besten in einer großen Platinschale (in Ermangelung derselben in einer großen Porcellanschale) mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und erwärmt, bis sie ganz zersetzt, und, wenn die Base mit der Schwefelsäure keine unlösliche Verbindung bildet, aufgelöst ist. Man läßt darauf das Ganze erkalten, und setzt dann 6 bis 8

Loth starken Alkohol hinzu, wenn man einige Gramme der borsäuren Verbindung angewandt hat. Es scheiden sich dadurch die Basen als schwefelsaure Salze ab. Man rührt Alles mit einem Platinspatel gut durcheinander und erwärmt unter beständigem Umrühren bis zum Kochen. Das Umrühren ist nothwendig, weil die Flüssigkeit vor dem Kochen stark aufstößt und spritzt. Ist das Kochen eingetreten, so haben sich die ausgeschiedenen Salze zu einer klaren Flüssigkeit wieder aufgelöst, und das Umrühren ist nicht mehr nöthig. Man dampft hierauf die Flüssigkeit bei starkem Kochen bis zu einem geringen Volumen ein, und bis sie anfängt sich stark zu schwärzen, läßt sie dann erkalten, und übergießt sie aufs Neue mit 4 bis 6 Loth Alkohol. Dieser muß mit dem syrupartigen Rückstand gut untereinander gerührt werden. Das Erwärmen muß darauf unter beständigem Umrühren mit großer Vorsicht geschehen, damit durch Aufstoßen kein Verlust entstehe, was übrigens sehr leicht vorkommen kann. Ist indessen das Kochen wieder eingetreten, so geht das Abdampfen ruhig von statten, und das Umrühren ist dann nicht mehr nöthig. Man dampft wiederum bis zu einem geringen Volumen ein, und wiederholt die Behandlung mit Alkohol, aber nur mit geringeren Mengen desselben und das Abdampfen unter den angegebenen Vorsichtsmaßregeln noch ein- oder zweimal. Zuletzt wird gänzlich bis zur Trocknis abgedampft, wobei der Rückstand sehr stark schäumt, und Kohle sich abscheidet, ohne jedoch zu spritzen. Man erhitzt so lange bis alle freie Schwefelsäure sich verflüchtigt hat, bringt den Rückstand in einen kleinen Platintiegel bis zum Glühen, wobei die Kohle sehr leicht verbrennt, und er vollkommen weiß erscheint. Man behandelt ihn dann, namentlich bei Gegenwart von Alkali, auf die bekannte Weise mit kohlensaurem Ammoniak, und bestimmt sein Gewicht. Die Borsäure ist gänzlich verjagt worden.

Hr. Weber erhielt auf diese Weise aus 1,925 Grm. geschmolzenem Borax 1,352 Grm. schwefelsaures Natron, in denen 0,592 Grm. Natron enthalten sind. Der Be-

rechnung nach enthält der angewandte Borax 0,594 Grm. Natron.

Es ist bei dieser Operation nothwendig, daß das Ganze längere Zeit stark kocht. Würde man bei geringerer Hitze den Alkohol abdampfen, so würde sich minder leicht Borsäureäther bilden, und die Borsäure würde weit schwerer und nicht vollständig verflüchtigt werden können.

Wendet man statt der Schwefelsäure Chlorwasserstoffsäure an, wie C. G. Gmelin schon vor längerer Zeit vorgeschlagen hat, so erzeugt sich lange nicht so leicht, wie durch Schwefelsäure, Borsäureäther, und die Verflüchtigung der Borsäure geht sehr langsam und nicht vollständig von statten.

Versuche, die Borsäure aus ihren Verbindungen quantitativ durch Fällung abzuscheiden. — Die oben beschriebenen Versuche zeigen, daß es zwar möglich ist, die Menge der Borsäure in ihrer Auflösung in Wasser zu bestimmen, daß aber die Methode mit Schwierigkeiten verknüpft und zeitraubend ist. Aber sie läßt sich nur anwenden, wenn die wässrige Auflösung außer Borsäure keine anderen Stoffe enthält, ausgenommen vielleicht Ammoniak, welches durch die Einwirkung des kohlensauren Natrons gänzlich verflüchtigt wird.

Der Fall aber, daß Borsäure ohne andere Bestandtheile in einer wässrigen Auflösung enthalten ist, kommt gewiß selten vor. Es ist daher wünschenswerth, eine Methode anzuwenden, die Borsäure aus ihrer Auflösung durch Reagentien als eine unlösliche Verbindung abscheiden zu können, um aus dem Gewichte des erhaltenen Niederschlags das der Borsäure zu finden.

Aber die Borsäure bildet mit vielen Basen zwar schwer lösliche, aber gar keine vollkommen unlösliche Salze. Fällt man die Auflösung von einem borsäurehaltigen Salze z. B. von Borax durch Salze von Erden- und Metalloxyden, so ist oft das erzeugte schwer lösliche borsäure Salz in einem Ueberschuß von Borax unauflöslich, aber auflöslich in

einem Ueberschusse der Erd- oder Metalloxydsalze, wie z. B. das borsaure Bleioxyd.

Die einzige Verbindung, durch welche die Borsäure aus ihrer Auflösung vollständig ausgeschieden werden könnte ist das von Berzelius zuerst dargestellte Borfluorkalium. Dasselbe ist im Wasser sehr schwer löslich und dem Kieselfluorkalium sehr ähnlich. Berzelius giebt an, dafs es auch in geringer Menge in Alkohol auflöslich sey, was ich indessen nicht bestätigt fand. In einer Auflösung von Chlorammonium ist es aber auflöslicher als im blofsen Wasser.

Berzelius¹⁾ hat vorgeschlagen, die Erzeugung dieser Verbindung zu benutzen, um die Borsäure quantitativ abzuscheiden. Zu dem Ende soll man die borsaure Verbindung mit Fluorwasserstoffsäure übergiefsen, damit digерiren, und dann den Ueberschufs der Säure im Wasserbade abdampfen. Der Rückstand besteht dann aus einer Fluorbor- und einer Fluorverbindung. Die erstere ist im Wasser löslich, besonders wenn dieses mit ein wenig Chlorwasserstoffsäure schwach sauer gemacht worden ist; die letztere ist darin unlöslich. Die Lösung und das Waschwasser werden concentrirt, und mit einer Lösung von essigsaurem Kali im Ueberschufs vermischet. Die Masse verdickt sich dadurch zu einem Magma, indem sich Borfluorkalium bildet. Sie wird nun mit starkem Alkohol umgerührt, worin sich die essigsauren Salze auflösen. Das Borfluorkalium wird auf ein gewogenes Filtrum gebracht, mit kaltem Alkohol gewaschen, bei 100° C. getrocknet, gewogen und aus dem Gewichte die Menge der dem Borfluorkalium entsprechenden Borsäure berechnet. Die alkoholische Auflösung wird bis zur Verflüchtigung des Alkohols verdampft, und die in dem Rückstande enthaltenen Basen nach bekannten Regeln bestimmt. Das ungelöste Fluorür wird vermittelst Schwefelsäure zersetzt und aus dem erhaltenen schwefelsauren Salze die Base bestimmt.

Eine grofse Menge von quantitativen Analysen, welche Hr. Weber angestellt hat, um die Borsäure als Borfluor-

1) Berzelius Lehrbuch 3. Auflage S. 81.

kalium zu bestimmen, haben indessen kein günstiges Resultat gegeben.

Wenn man eine borsaure Verbindung mit einem Ueberschufs von Fluorwasserstoffsäure behandelt, so ist wohl unstreitig Kalkerde die passendste Base, um den Ueberschufs der Fluorwasserstoffsäure zu entfernen, da Fluorcalcium die unauflöslichste der Fluorverbindungen zu seyn scheint.

Hr. Weber versetzte die Lösung von 1,218 Grm. wasserfreiem Borax mit Fluorwasserstoffsäure, behandelte das Ganze mit einem Ueberschufs von reiner kohlsaurer Kalkerde im Ueberschufs, bis kein Brausen mehr bemerkt wurde, und kochte, weil das Fluorcalcium sich nur durchs Kochen auf diese Weise gut abscheidet. Die filtrirte Lösung wurde mit essigsaurem Kali versetzt, wodurch kein Niederschlag entstand, der sich erst beim Abdampfen zeigte. Es wurde dann so viel Alkohol hinzugefügt, dafs das Volumen derselben dem der Flüssigkeit gleich war und nach 24 Stunden filtrirt. Der mit Alkohol gewaschene und bei 100° C. getrocknete Niederschlag wog nur 1,542 Grm. Diefs ist aber gerade die Hälfte von dem, was man hätte erhalten müssen, denn diese Menge entspricht nur 0,423 Grm. Borsäure, während im angewandten Borax 0,841 Grm. Borsäure enthalten sind.

Der Versuch wurde oft, auch modificirt wiederholt.

1,117 Grm. Borax mit Fluorwasserstoffsäure, darauf mit kohlsaurer Kalkerde und endlich mit essigsaurem Kali und Alkohol, wie zuvor behandelt, gab 2,208 Grm. Borfluorkalium, die 0,614 Grm. Borsäure entsprechen. Der angewandte Borax aber enthält 0,772 Grm. Borsäure.

0,993 Grm. Borax in Wasser aufgelöst wurden zuerst mit Salpetersäure, dann mit Fluorwasserstoffsäure und endlich mit kohlsaurer Kalkerde behandelt, worauf zu der filtrirten Lösung essigsaures Kali und Alkohol hinzugefügt wurden. Es wurden 2,733 Grm. Borfluorkalium erhalten, die 0,760 Grm. Borsäure entsprechen. Da diefs weit mehr ist, als man hätte erhalten müssen, indem die angewandte

Quantität Borax nur 0,686 Grm. Borsäure enthält, so wurde das Borfluorkalium von Neuem mit Weingeist, welcher aus 3 Vol. starkem Alkohol und 1 Vol. Wasser bestand, lange und anhaltend ausgesüßt. Die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt keine Salpetersäure, aber kleine Mengen von Kalkerde, und als das Salz davon ausgewaschen war, wog es nur 1,807 Grm., welche nur 0,502 Grm. Borsäure entsprechen. Mit Schwefelsäure zersetzt, zeigte sich im Rückstande eine bedeutende Menge von Kalkerde.

1,100 Grm. des sogenannten neutralen Borax im wasserfreien Zustande (NaB) wurden nach Auflösung im Wasser mit Fluorwasserstoffsäure versetzt, und dann mit kohlen-saurer Kalkerde behandelt. Durch das nachherige Zusetzen von essigsauerm Kali und von Alkohol wurden nur 0,866 Grm. Borfluorkalium erhalten, die nur 0,241 Grm. Borsäure entsprechen, während in dem angewandten Salze 0,508 Grm. davon enthalten sind. Aber auch die geringe Menge des erhaltenen Borfluorkaliums enthielt viel Kalkerde.

Es folgt aus diesen Versuchen, dafs man auf keine Weise die Borsäure als Borfluorkalium bestimmen kann, wenn sie an Natron oder an andere Basen gebunden ist. Bei der Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure bildet sich dann Borfluornatrium, das durch essigsaueres Kali nicht vollständig in Borfluorkalium und durch kohlen-saure Kalkerde beim Kochen etwas zersetzt wird, wodurch eine gewisse Menge von Borfluorcalcium entsteht, das dann immer in dem erhaltenen Borfluorkalium enthalten ist.

Selbst Borsäure, im Wasser aufgelöst, kann nicht vollständig in Borfluorkalium umgewandelt werden. Hr. Weber erhielt durch 1,394 Grm. Borsäure nach der Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure, Scheidung des Ueberschusses derselben durchs Kochen mit kohlen-saurer Kalkerde, und Behandlung der filtrirten Flüssigkeit mit essigsauerm Kali und Alkohol 4,981 Grm. Borfluorkalium, die 1,386 Grm. Borsäure entsprechen, was zwar sehr nahe der angewandten Menge gleichkommt, aber das erhaltene Borfluorkalium enthielt sehr viel Borfluorcalcium. Das Fluor-

kalium wird also durchs Köchen mit kohlensaurer Kalkerde theilweise zersetzt, obgleich Berzelius die Unzersetzbarkeit dieses Salzes durch die Hydrate und Carbonate der Alkalien und Erden beim Kochen hervorgehoben hat.

Da das Fluorkalium ein zerfließliches Salz ist, so wurde versucht, es durch Alkohol vom Borfluorkalium zu trennen, was aber gänzlich mißlang. Hr. Weber behandelte 0,881 Grm. Borsäure mit essigsaurem Kali, darauf mit Fluorwasserstoffsäure und endlich mit Alkohol. Es wurden aber 3,851 Grm. Borfluorkalium erhalten, während der angewandten Menge von Borsäure nur 3,164 Grm. entsprechen. Mit dem Borfluorkalium war also auch Fluorkalium gefällt worden.

Trennung der Borsäure von Fluorverbindungen. — In manchen in der Natur vorkommenden Silicaten kommt Fluor neben Bor vor. Ob beide darin zu einem Borfluormetalle vereinigt sind, ist nicht genau untersucht; es scheint jedoch noch überschüssige Borsäure neben einer solchen Verbindung vorhanden zu seyn.

Die quantitative Bestimmung des Fluors bei Gegenwart von Borsäure ist mit solchen Schwierigkeiten verknüpft, daß sie noch nicht überwunden worden sind. Hr. Weber löste 0,680 Grm. Fluornatrium und 0,803 (wasserfreien) Borax in Wasser auf, und versetzte die Auflösung mit Salpetersäure. Es wurde darauf kohlensaure Kalkerde hinzugefügt, das Ganze erhitzt und filtrirt. Aus dem Ungelösten wurde die Menge des Fluorcalciums nach einer früher beschriebenen Methode bestimmt ¹⁾. Es wurden aber nur 0,363 Grm. Fluorcalcium erhalten, die 0,175 Grm. Fluor entsprechen, während in dem angewandten Fluornatrium 0,305 Grm. Fluor enthalten sind. Es hatte sich also Fluorbornatrium gebildet, das durch die Behandlung mit kohlensaurer Kalkerde nur theilweise zersetzt worden war.

Trennung der Borsäure von der Phosphorsäure. — v. Kobell hat vorgeschlagen, diese Trennung auf die Weise zu bewirken, daß man zu der Auflösung beider eine Eisen-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 115.

chlorige Auflösung hinzugefügt, und das Ganze darauf durch einen Ueberschuss von kohlensaurer Kalkerde fällt ¹⁾); eine Trennung, wie er sie auch bei der des Fluors von der Phosphorsäure empfiehlt.

Der Zusatz der Eisenchloridauflösung ist hierbei nicht nothwendig. Ich habe schon vor einiger Zeit gezeigt, dass *Phosphorsäure, sowohl im freien Zustand, als auch an Basen gebunden, durch kohlensaure Baryterde vollständig in der Kälte gefällt werden könne, wenn man zu der Auflösung etwas Salpetersäure oder Chlorwasserstoffsäure hinzusetzt ²⁾). Wird eine Auflösung von Borax durch Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht, und dann mit einem Ueberschusse von kohlensaurer Baryterde in der Kälte behandelt, so ist in dem Ungelösten keine Borsäure enthalten; es besteht nur aus kohlensaurer Baryterde.

Durch kohlensaure Baryterde kann daher die Trennung der Borsäure von der Phosphorsäure bewirkt werden. Die höchste Genauigkeit erreicht man aber dadurch nicht, da phosphorsaure Baryterde in einer Boraxauflösung nicht ganz vollständig unlöslich ist. Digerirt man in der Kälte trockne phosphorsaure Baryterde mit einer concentrirten Lösung von Borax, so enthält nach einiger Zeit die filtrirte Lösung Spuren sowohl von Baryterde als auch von Phosphorsäure, welche letztere leicht durch molybdänsaures Ammoniak darin zu entdecken ist.

Hr. Weber behandelte 2,186 Grm. *phosphorsaures Natron, und ungefähr 3 Grm. Borax in Wasser gelöst, in der Kälte unter öfterem Umrühren mit einem Uebermaass von kohlensaurer Baryterde, nachdem vorher Chlorwasserstoffsäure zu der Auflösung hinzugefügt worden war. Nach 24 Stunden wurde filtrirt und ausgesüßt; aber selbst nach langem Auswaschen gab das Waschwasser nach dem Verdampfen einen Rückstand, und reagierte vermittelst des molybdänsauren Ammoniaks auf Phosphorsäure. — Das Ungelöste wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Baryt-

1) Journ. für prakt. Chem. Bd. 36, S. 305.

2) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 221.

erde durch Schwefelsäure entfernt, und darauf die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Es wurden 0,870 Grm. geglühte $Mg^2 \ddot{P}$ erhalten, die 0,551 Grm. Phosphorsäure entsprechen.

Da das phosphorsaure Natron in mehreren Verhältnissen sich mit Krystallwasser verbindet und dabei stark verwittert, so wurde von demselben Salze, das zu dem Versuche angewandt worden war, ein Theil vorsichtig geglüht, um seinen Wassergehalt zu bestimmen. Es entsprechen, da das angewandte Salz stark verwittert war, nach dem angestellten Versuche jene 2,186 Grm. 0,576 Grm. Phosphorsäure. Es wurden also nur 25,20 Proc. Phosphorsäure vom krystallisirten Salze statt 26,35 Proc. erhalten.

Wird phosphorsaure Ammoniak-Talkerde mit einer concentrirten Boraxauflösung längere Zeit in der Kälte digerirt, so kann in der filtrirten Lösung keine Phosphorsäure wahrgenommen werden. Es wurden deshalb 2,647 Grm. des phosphorsauren Natrons (welche $1,307 Na^2 \ddot{P}$ oder 0,697 Grm. Phosphorsäure entsprechen) nach der Auflösung in Wasser mit einer bedeutenden Menge einer Boraxauflösung versetzt, und aus der Auflösung die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Man erhielt 1,137 Grm. geglühter $Mg^2 \ddot{P}$ (mit 0,720 Grm. Phosphorsäure), in welcher also noch eine geringe Menge von Borsäure enthalten war. Das geglühte Salz, mit Schwefelsäure und Alkohol behandelt, färbte die Flamme des letztern nicht grün, aber in Chlorwasserstoffsäure gelöst, wurde Curmunpapier durch die Lösung nach dem Trocknen sehr schwach gebräunt.

Der Ueberschufs an Phosphorsäure, welchen man nach dieser Methode erhält, ist also ebenso groß wie der Verlust, der durch die Methode vermittelt kohlensaurer Baryterde entsteht.

Trennung der Borsäure von Basen in unlöslichen Verbindungen. — Sie können durchs Schmelzen mit kohlen-

sauren Alkalien vollständig zersetzt werden, so, daß wenn die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt wird, die ganze Menge der Borsäure sich mit dem überschüssigen kohlensauren Alkali auflöst, während die Base ungelöst zurückbleibt, wenn sie nicht in einer Auflösung von kohlensaurem Alkali mehr oder weniger löslich ist.

Hr. Weber hat auf diese Weise borsaure Baryterde und borsaure Magnesia zersetzt.

Die borsaure Baryterde schmilzt mit der vierfachen Menge von kohlensaurem Natron leicht zu einer klaren Flüssigkeit. Die geschmolzene Masse hinterläßt, mit Wasser behandelt, kohlensaure Baryterde ungelöst, deren Baryterdegehalt genau dem entsprach, welcher in der schwefelsauren Baryterde enthalten war, die aus derselben borsauren Baryterde nach Auflösung derselben in verdünnter Chlorwasserstoffsäure durch Fällung mit verdünnter Schwefelsäure erhalten wurde.

Als borsaure Magnesia wurde Boracit von Lüneburg angewandt, aber absichtlich nicht klare und durchsichtige Krystalle, sondern kleine, undurchsichtige, offenbar schon in einem anfangenden Zustande der Zersetzung begriffene, 1,002 Grm. davon wurden mit der vierfachen Menge von kohlensaurem Kali geschmolzen. Die geschmolzene Masse bildete nicht während des Schmelzens eine vollkommen klare durchsichtige Flüssigkeit, sondern es schwammen nicht aufgelöste Flocken darin herum. Nach der Behandlung der geschmolzenen Masse mit heißem Wasser blieben 0,310 Grm. Magnesia ungelöst, aus welcher nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure noch 0,008 Grm. Eisenoxyd abgeschieden wurden. Durch Oxalsäure konnte keine Spur von Kalkerde wahrgenommen werden, aber die durch phosphorsaures Natron abgeschiedene phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gab nach dem Glühen 0,825 Grm. $Mg^2 P$, welche 0,302 Grm. Magnesia, also gerade so viel enthalten, als die früher erhaltene Magnesia, nach Abzug des Eisenoxyds, beträgt.

Da die reine Magnesia etwas auflöslich im Wasser ist,

so enthält die wässrige Auflösung der geschmolzenen Masse etwas davon. Sie wurde deshalb durch Chlorwasserstoffsäure übersättigt, dann mit Ammoniak neutralisirt und mit phosphorsaurem Natron versetzt, wodurch noch 0,057 Grm. geglühte Mg^2P erhalten wurden. Die Analyse ergab also

Magnesia	32,23
Eisenoxyd	0,79
Borsäure (als Verlust)	66,98
	<u>100,00.</u>

Schon Rammelsberg hat undurchsichtige Krystalle des Boracits untersucht¹⁾, und in ihnen einen etwas größeren Talkerdegehalt als in den durchsichtigen Krystallen gefunden. Bei den von Hrn. Weber analysirten Krystallen war aber, da sie noch etwas mehr Magnesia enthalten, als die von Rammelsberg untersuchten, die Zersetzung noch weiter vorgeschritten, durch welche der Gehalt von Borsäure sich in dem Maafse vermindert, als der der Magnesia sich vermehrt.

Die Magnesia im Boracit kann auch noch von der Borsäure nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia abgeschieden werden. Hr. Weber erhielt aus 1,753 Grm. der undurchsichtigen Boracitkrystalle 1,572 Grm. Mg^2P und 0,008 Grm. Eisenoxyd. Hiernach waren die Krystalle zusammengesetzt aus:

Magnesia	32,86
Eisenoxyd	0,45
Borsäure (als Verlust)	66,69
	<u>100,00.</u>

Es ist noch zu bemerken, daß dieser Boracit beim Glühen einen Verlust von 3,52 Proc. zeigt, die wohl aus Wasser bestanden. Es ist möglich, daß statt der ausgeschiedenen Borsäure Wasser in die Zusammensetzung eingetreten ist.

Aus den Verbindungen der Borsäure mit den metallischen Basen kann man letztere aus der Auflösung in Säu-

1) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 449.

ren, theils durch Schwefelwasserstoff, theils durch Schwefelammonium scheiden. Ist die Borsäure mit alkalischen Erden verbunden, so können diese entweder durchs Schmelzen mit kohlensauren Alkalien, oder aus der Auflösung in Säuren durch Schwefelsäure ohne oder mit Zusatz von Alkohol getrennt werden. Die Magnesia wird von der Borsäure theils durchs Schmelzen mit kohlensaurem Kali geschieden, theils aus der Auflösung in Säuren als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Nur die Alkalien können auf keine andere Weise von der Borsäure geschieden werden, als dass man letztere entweder als Fluorbor oder als Borsäureäther verjagt, Methoden, die auch bei den Verbindungen der Borsäure mit andern Basen angewandt werden können ¹⁾.

VII. *Untersuchung nordamerikanischer Mineralien* (*Nemalit, Orthit, schwarzes Kupferoxyd*); von C. Rammelsberg.

I. Nemalit.

Vor einiger Zeit erhielt ich einige Stücke dieses Minerals aus dem Serpentin von Hoboken in New Jersey. Es bildet parallelfaserige hellgrüne Massen; die Fasern sind seidenglänzend, elastisch, lassen sich nicht zu Pulver zerreiben.

Nuttal erklärte diese Substanz für ein wasserhaltiges Talkerdecarbonat; Thomson analysirte als Nemalit ein Silikat, und Connel hat zuletzt die erste Angabe bestätigt. Die Analysen der beiden Letzteren hatten gegeben:

- 1) Nachdem der Druck dieser Abhandlung schon angefangen hatte, ersah ich aus dem pharmac. Centralblatt No. 24, S. 390, dass Hr. Schweitzer sich ebenfalls mit der quantitativen Bestimmung der Borsäure beschäftigt hat.

	Thomson.	Connel.
Kieselsäure	12,568	0,80
Talkerde	51,721	57,86
Eisenoxyd	5,874	Oxydul 2,84
Wasser	29,666	27,96
	99,829	Kohlensäure 10,00
		99,46

Aber die mir als Nematit zugekommene Substanz, obwohl sie alle Eigenschaften zeigt, welche die amerikanischen Mineralogen demselben zuschreiben, ist weder ein Carbonat noch ein Silikat. Beim Glühen giebt sie Wasser und wird bräunlichgelb. Sie löst sich ohne die geringste Spur von Kohlensäure in Chlorwasserstoffsäure auf, (die geglühte erhitzt sich mit der Säure) und besteht aus:

		Sauerstoff.
Talkerde	64,86	25,49
Eisenoxydul	4,05	0,90
Wasser	29,48	26,20
Kieselsäure	0,27	
	98,65.	

Sie ist folglich *Talkerdehydrat*, MgH , d. h. mit dem *Brucit* identisch, welcher an demselben Orte vorkommt, aber, den Beschreibungen zufolge, eine ganz andere Beschaffenheit hat, da er weiße, blätterige Massen bildet. Ich muß es dahin gestellt seyn lassen, ob die von mir untersuchte Substanz wirklich der ächte Nematit Nuttals ist.

II. Orthit.

Hr. Prof. Dana in Newhaven, Connecticut, schickte mir eine Probe eines schwarzen Minerals von East Bradford, Chester County in Pennsylvanien, von dem man vermuthet hatte, daß es *Tscheffkinit* oder *Gadolinit* sey. Ich habe es als *Orthit* erkannt.

Es ist derb, fettglänzend, von flachmuschligem Bruch, spröde, hat ein spec. Gewicht = 3,535. Vor dem Löthrohr schwillt es stark auf, sich wurmförmig krümmend und

schmilzt dann zu einer schwarzbraunen Kugel. Beim Glühen zeigt es keine Feuererscheinung, wird braun und verliert nur 1 Proc. am Gewicht.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es leicht unter Gallertbildung zersetzt. Die Auflösung enthält beide Oxyde des Eisens.

Die Analyse gab:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	31,86		16,55
Thonerde	16,87	7,88	8,95
Eisenoxyd	3,58	1,07	
Eisenoxydul	12,26	2,72	9,75
Ceroxydul	21,27	3,15	
Lanthanoxyd	2,40	0,35	
Kalkerde	10,15	2,88	0,65
Talkerde	1,67	0,65	
Glühverlust	1,11		
	101,17.		

Dieses Resultat stimmt ganz mit dem von mir früher an anderen Orthiten erhaltenen überein¹⁾, wonach *Allanit* und *Orthit* identisch und von der Zusammensetzung des *Granats* sind. Es beweist aber zugleich, daß der Wassergehalt mancher Orthite unwesentlich, und erst später aufgenommen ist.

Das Vorkommen des *Allanits* in den vereinigten Staaten wird von Dana²⁾ zu Haddam in Connecticut, Bolton in Massachusetts, South Royalston, Athol und Monroe in New-York angegeben.

III. Schwarzes Kupferoxyd.

Auf der Südseite des Oberen Sees (*Lake Superior*) im Staate Michigan hat man bekanntlich in neuester Zeit ansehnliche Massen von gediegenem Kupfer (theilweise von Silber begleitet) und von anderen Kupfererzen gefunden. In einem Conglomeratgestein in der Nähe von Copper-

1) S. diese Ann. Bd. 76, S. 96.

2) *Syst. of Min. II. Edit. p. 430.*

Harbour kommen abgerundete schwere Massen von schwarzem Kupferoxyd, zum Theil von bedeutender Gröfse vor.

Es ist braunschwarz, theils krystallinisch blättrig, theils dicht, schwer zersprengbar, hat ein spec. Gew. $\approx 5,952$, und ist nur hie und da von ein wenig Kieselkupfer begleitet.

Gegen Reagentien verhält es sich wie reines Kupferoxyd.

Hr. Joy aus Boston analysirte es in meinem Laboratorium und fand in einem sehr reinen Stück 99,45 Proc. Kupferoxyd; in einer anderen Probe 1,19 Eisenoxyd, 0,23 Kalkerde und 3,38 Kieselsäure.

Das Kupferoxyd hat man bisher nur als einen dünnen weichen Ueberzug auf anderen Kupfererzen gefunden, und *Kupferschwärze* genannt. Es scheint dieselbe aber niemals sehr rein zu seyn. Nach Semmola soll Kupferoxyd in dünnen Blättchen im Krater des Vesuvs vorkommen; es ist *Tenorit* genannt worden.

VIII. *Vierte Notiz über neue, sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von Hrn. J. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Belgique T. XVI. No. 10.* — Die drei ersten Notizen finden sich in diesen Ann. Bd. 78, S. 563, Bd. 79, S. 269 und Bd. 80, S. 150.)

Nimmt man eine zum gewöhnlichen Phänakistikop gehörende Scheibe und betrachtet, statt durch die Zone der Oeffnungen nach dessen Bilde im Spiegel zu schauen, diese Scheibe direct, während man sie rasch rotiren läßt, so verwischen sich die darauf abgebildeten Figuren, und statt dieselben ihre Bewegungen ausführen zu sehen, unterschei-

det man nur noch eine Reihe kreisrunder concentrischer Streifen von verschiedener Farbe. Diefs ist ein nothwendiges und bekanntes Resultat des Verweilens der Eindrücke. Indefs giebt es einen Fall, in welchem diese Verwirrung nicht stattfindet, oder, mit anderen Worten, es giebt eine gewisse, freilich sehr einfache Art von Bewegung, bei welcher die rotirende Scheibe, ohne irgend ein Hülfsmittel beobachtet, die Erscheinung hervorbringt.

Auf eine weisse Pappscheibe von 25 Centim. Durchmesser zeichne man eine archimedische Spirale, so, dafs deren Mittelpunkt mit dem der Scheibe zusammenfällt und die Windungen derselben etwa 12 Millim. auseinanderstehen. Darauf zeichne man eine zweite Spirale, parallel mit der ersteren, und von dieser um 4 Millim. entfernt. Diese beiden Linien zusammen bilden sonach auf der Scheibe einen spiralförmig gewundenen Streifen von 4 Millim. Breite. Nun beschreibe man, vom Mittelpunkt der Scheibe aus, drei Kreise, die respective $1\frac{1}{2}$, 5 und $8\frac{1}{2}$ Centim. im Durchmesser halten, unterbreche aber die beiden letzteren da, wo sie den spiralförmigen Streifen treffen, so dafs sie nur in den Zwischenräumen der Windungen dieses Streifens ausgezogen sind. Alsdann schwärze man den kleinen centralen Kreis, streiche den Raum zwischen diesem und dem zweiten blau an, den Raum zwischen dem zweiten und dem dritten gelb, und das Uebrige roth, lasse aber die Windungen des spiralförmigen Streifens weifs. Die Farben blau, gelb und roth müssen intensiv seyn. Fig. 20 Taf. II. stellt die so vollendete Scheibe dar (Im Original ist die Figur farbig ausgeführt; hier sind die Farben durch die Buchstaben *r* (dunkles Rosenroth) *g* (gelb) und *b* (intensives Hellblau) angedeutet).

Läfst man nun diese Scheibe rotiren, in dem vom Pfeile angegebenen Sinne und mit der Geschwindigkeit, die man ihr durch einen raschen Impuls mit der Hand ertheilen kann, so bewahren der schwarze Kreis und die farbigen Zonen noch dasselbe Ansehen, wie es offenbar seyn mufs; allein der spiralförmige Streifen erscheint als eine Reihe weisser scharf

scharf gezeichneter Ringe, die, einer nach dem anderen, am Rande des schwarzen Kreises entstehen, allmählig an Gröfse zunehmen, folgwiese durch die blaue, gelbe und rothe Zone wandern, und sich am Umfang der Scheibe verlieren. Läßt man die Scheibe in entgegengesetzter Richtung rotiren, so entspringen die Ringe dagegen am äußeren Umfang, und ziehen sich zusammen, um, einer nach dem anderen, im schwarzen Kreise zu verschwinden.

Die eben beschriebene Täuschung erklärt sich zu leicht, als daß ich deshalb irgend ins Einzelne zu gehen brauchte; sie ist überdies von gleicher Art und von gleicher Herkunft wie die, welche sich zeigt, wenn man eine Schraube mit nicht zu großer Geschwindigkeit um ihre Axe dreht. Man weiß, daß dabei die Schraubengänge noch direct gesehen werden, und, statt sich um die Axe zu drehen, mit einer im Sinne dieser Axe fortlaufenden Bewegung begabt zu seyn scheinen.

Wenn man aber unsere Scheibe zweckmäßig modificirt, gelingt es, eine sonderbare Täuschung anderer Art hervorzubringen. Zu dem Ende müssen die Spiralgänge des weißen Streifens weiter auseinander stehen und nur etwa 2 Millim. breit seyn, sich auch auf einem vollständig schwarzen Grunde befinden (Fig. 21 Taf. II.). Um diese Scheibe mit gehöriger Regelmäßigkeit und Schnelligkeit rotiren zu lassen, muß man sie auf einer Rolle befestigen, die durch eine größere bewegt werden kann. Man kann sie z. B. auf einer der Kupferrollen des in meiner ersten Note beschriebenen Instruments (Ann. Bd. 78, S. 563) befestigen, und muß dann dem Handgriffe eine solche Geschwindigkeit geben, daß die Scheibe 6 bis 7 Umläufe in der Sekunde macht. Da die Spiralgänge des weißen Streifens auf dieser Scheibe viel schiefer gegen die Radien liegen als auf der vorhergehenden, so begreift man, daß die Ringe nicht mehr scharf gezeichnet erscheinen und ihre scheinbare Bewegung nach dem Umfang oder Mittelpunkt viel rascher seyn wird. Wenn man nun die Scheibe, während man sie im Sinne des Pfeiles dreht, mit auf das Centrum gerichteten

Augen betrachtet, hinlänglich lange, aber doch nicht bis zum Ermüden der Augen, und man wendet nun diese sogleich auf einen anderen Gegenstand, z. B. auf das Gesicht einer Person, so sieht man eine sonderbare Erscheinung: es scheint nämlich der Kopf der Person eine Zeit lang kleiner zu werden. Dreht man dagegen die Scheibe im umgekehrten Sinn, so ist der Effect ein umgekehrter: der Kopf scheint sich zu vergrößern.

Diese Täuschung zeigt sich bei verschiedenen Individuen in sehr ungleichem Grade. Von acht Personen, mit denen ich einzeln den Versuch anstellte, sahen zwei gar nichts; eine dritte dagegen, für welche ich das Instrument so drehen liefs, daß sich die Ringe verkleinern mußten, und die, nachdem sie die drehende Scheibe betrachtet hatte, die Augen auf mein Gesicht richtete, rief mit Erstaunen aus, daß sie meinen Kopf sich ungeheuer vergrößern sehe. Die fünf anderen endlich sahen die Erscheinung zwar vollkommen, aber mit geringerer Intensität. Uebrigens würde sich das Phänomen wahrscheinlich auch bei den beiden ersten Personen entwickelt haben, wenn ich den Versuch weiter fortgesetzt hätte; denn begreiflich ist der Anblick einer solchen rotirenden Scheibe ermüdend für das Auge, man muß also bei diesem Versuch mit vieler Schonung zu Werke gehen, und wenn man ihn mit derselben Person wiederholen will, darf es nur in langen Zwischenräumen geschehen. Eben um diese Ermattung des Auges zu verringern, habe ich dem weißen Streifen nur eine Breite von 2 Millimetern gegeben.

Die wunderliche Täuschung, welche ich eben beschrieben, ist von gleicher Ordnung mit der, welche sich darbietet, wenn die Augen von Gegenständen, die wahrhaft oder scheinbar in rascher Fortbewegung begriffen sind, einen verlängerten Eindruck erhalten haben. So z. B. scheinen die Gegenstände am Wege, welche, während man fährt, sich neben dem Wagen zu bewegen schienen, im Augenblick, wo man anhält, eine entgegengesetzte Bewegung anzunehmen. Bei der Scheibe, wenn diese im Sinne des

Pfeiles rotirt, hat das Auge den unausgesetzt erneuten Anschein einer Vergrößerung der weissen Ringe gehabt, und es gewahrt darauf den entgegengesetzten Anschein d. h. den einer Verkleinerung. Umgekehrt, wenn die Scheibe im anderen Sinne rotirt, und das Auge den steten Anschein einer Verkleinerung der weissen Ringe gehabt hat, ist es der Anschein einer Vergrößerung, den es wahrnimmt. Diese Tendenz des Organs, uns die Empfindung einer Bewegung zu geben, die der, von welcher es einen längeren Eindruck erhalten hat, entgegengesetzt ist, kann als eine allgemeine Thatsache betrachtet werden, und sie wird ein neues Argument zu Gunsten des Principis der Oscillationen der Eindrücke, eines Principis, welches meiner Theorie der zufälligen Farben, die ich am Schlusse meiner Abhandlung über diese Farben zu verallgemeinern suchte, zum Grunde liegt¹⁾.

Dieses Princip, das mir hier zu wiederholen erlaubt seyn mag, ist folgendes:

Sobald ein Organ einer längeren Erregung unterworfen wird, setzt es einen Widerstand entgegen, der mit der Dauer dieser Erregung wächst. Wird es darauf plötzlich der erregenden Ursache entzogen, so sucht es seinen normalen Zustand wieder zu gewinnen, durch einen analogen Gang wie den einer Springfeder, die, abgelenkt aus ihrer Gleichgewichtsform und darauf losgelassen, durch abnehmende Oscillationen, vermöge derer sie wechselsweise nach der einen und der andern Seite ausschlägt, in diese Form zurückkehrt. Das will sagen: Im Moment, wo das Organ aufhört, unter dem Einflusse der erregenden Ursache zu stehen, geht es anfangs rasch zu seinem normalen Zustand zurück; aber vermöge einer Art erlangter Geschwindigkeit überschreitet es diesen normalen Zustand, um sich momentan in einen entgegengesetzten zu versetzen; darauf kehrt es wieder zum

1) *Essai d'une théorie générale comprenant l'ensemble des apparences visuelles qui succèdent à la contemplation des objets colorés, etc. (Mém. de l'acad. de Brux. T. VIII. — Auszugsweise in diesen Annalen Bd. 32, S. 543.)*

normalen Zustand zurück und strebt aufs Neue ihn zu überschreiten, indem es, jedoch mit geringerer Intensität, den der Erregung entsprechenden Zustand wieder annimmt, um zum zweiten Male, jedoch noch schwächer wie zuvor, in den entgegengesetzten Zustand zurückzugehen, und sofort, bis endlich der normale Zustand definitiv erreicht ist.

Aus diesen successiven Zuständen des Organs entspringt eine Reihe abwechselnd entgegengesetzter und an Stärke abnehmender Empfindungs-Phasen, von denen die einen von gleicher Natur mit der ursprünglichen Empfindung sind und positive Phasen genannt werden können, während die anderen entgegengesetzter Natur sind und negative Phasen zu heißen verdienen.

Die Empfindungen, welche auf eine längere und dann plötzlich abgebrochene Erregung folgen, sind bei weitem nicht immer so regelmässig und vollständig in ihrem Gang; allein ich habe in Betreff der zufälligen Farben Beispiele gegeben, die das Princip in seiner ganzen Vollständigkeit bewahrheiten. Unter anderen habe ich einen Versuch beschrieben, durch welchen man bis fünf negative Phasen, abwechselnd mit positiven, betrachten kann. Zuweilen unterscheidet man nur eine Reihe negativer Phasen, sey es, dafs die dazwischenfallenden positiven wirklich nicht vorhanden sind, oder, was wahrscheinlicher ist, dafs sie zu wenig Intensität besitzen, um scharf wahrgenommen werden zu können. Dieser Gang ist bei den zufälligen Farben häufig. In vielen Fällen endlich gewahrt man nur die erste negative Phase; diefs geschieht z. B. bei dem Versuch mit unserer Spiral-Scheibe.

Am Schlufs der oben erwähnten Abhandlung habe ich zu zeigen gesucht, dafs das Princip der Oscillationen auch auf andere als die Gesichts-Empfindungen, ja sogar auf moralische Empfindungen anwendbar sey; ich bin überzeugt, dafs diefs Princip einst dazu dienen wird, mehrere dunkle Punkte der Physiologie, der Medicin und Philosophie aufzuklären.

IX. *Ueber ein neues Polariskop;*
 von Hrn. H. de Senarmont.

(Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII. p. 279).

Eine kleine Zahl von Polariskopen hat die doppelte Eigenschaft, die geringsten Spuren von Polarisation aufzudecken und den Sinn derselben mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Die besten Apparate dieser Art sind ohne Widerrede die doppelt drehenden Platten, welche man Hrn. Soleil verdankt; und man kann sie sogar, wie ich gezeigt habe ¹⁾, zum Studium der Beschaffenheit eines elliptisch polarisirten Lichtbündels mit Nutzen anwenden.

Sie verlieren indess bei dieser Anwendung einen Theil ihrer Vorzüge, weil ihre Farbe sich nach dem Ellipticitätsgrade der Polarisation verändert, vom Weisß, welches der Circularpolarisation entspricht, bis zu der merklichen Farbe, die der geradlinigen Polarisation entspricht.

Ueberdies versagen diese Platten ihren Dienst, sobald es sich um einfaches Licht handelt, weil die Farbenunterschiede dann zu bloßen Intensitätsunterschieden werden, deren Schätzung schwierig ist.

Ich habe ein von diesem letzteren Mangel freies Polariskop aufgesucht und glaube es durch die folgende Vorrichtung gefunden zu haben.

Aus vier gleichen Quarzprismen, deren Hypothenusen aneinander gelegt werden, setze ich eine solche parallelflächige Platte zusammen, daß die Ein- und Austrittsflächen lothrecht auf der optischen Axe sind. Siehe Taf. II. Fig. 19.

Die beiden Prismen, welche die untere Hälfte der Platte bilden, haben ihre brechenden Kanten auf einer selben Seite liegen, aber das vordere Prisma, z. B. *G*, ist linksdrehend (*lévogyre*) und das hintere *D* rechtsdrehend (*dex-*

1) Ann. de chim. et de phys. T. XX. p. 397. (Ann. Ergbd. II. S. 513.)

trogyre). Die obere Hälfte der Platte ist ebenso zusammengesetzt, aber das vordere Prisma *D'* ist rechtsdrehend, und das hintere *G'* linksdrehend.

Stellt man diese Platte rechtwinklig gegen die Bahn eines parallelen und folglich im Sinne der Axe gerichteten, polarisirten Lichtbündels, so sieht man sie bedeckt mit geradlinigen Fransen, die den brechenden Kanten der Prismen parallel sind. Fällt der Hauptschnitt des Zerlegers zusammen mit der Ebene der ursprünglichen Polarisation, so entspricht die centrale schwarze Franse des außerordentlichen Bildes der Mitte der Platte oder dem Punkt, wo die Dicke der verkehrt liegenden Prismen gleich ist. Sie ist also eine gerade Linie in beiden Hälften, der vorderen und der hinteren, der halbirten Platte.

Dreht man hierauf den Hauptschnitt des Zerlegers, so verschiebt sich die centrale Franse parallel mit sich selbst; sie entfernt sich von der brechenden Kante des Quarzprisma, dessen Drehungsvermögen gleichen Sinn hat. Da nun in der vorderen und hinteren Hälfte der Platte die Kanten dieser Prismen bei dem einen rechts, bei dem andern links liegen, so wird die Vorderhälfte der Fransen parallel mit sich selbst in dem einen Sinn vorrücken, und die Hinterhälfte in dem andern. Diese Fransen werden also an der Mittelnah der halbirten Platte gebrochen.

Sehr genau erkennt man den Moment, wo der Hauptschnitt des Zerlegers mit der Ebene der ursprünglichen Polarisation zusammenfällt, weil man leicht zu beurtheilen vermag, wann die beiden Fransenstücke in gerader Linie liegen oder parallel verschoben sind. Es ist dies eine einfache und empfindliche Schätzung, die, von Farbe und Licht unabhängig, sowohl für homogenes als für weißes Licht gültig ist, ja, bis auf die zunehmende Blässe der Fransen, sowohl für elliptische als geradlinige Polarisation.

Jemehr die Hypothenuse gegen die optische Axe geneigt ist, desto mehr werden die Fransen auseinander gerückt, verbreitert und verschlechtert; je weniger sie es ist, desto dichter, schmaler und schärfer werden sie. Hat man

aber den Zerleger um 90° gedreht, so werden die Fransen nur um einen halben Zwischenraum verschoben. Es ist also klar, daß man mit einer starken Neigung der Hypothenuse eine bedeutende Verschiebung erhält, die aber schlecht begränzt ist, weil die Ränder der Fransen zu verwaschen sind; dagegen bekommt man mit einer schwachen Neigung eine zwar geringe, aber wohl begränzte Verschiebung, weil die Ränder der Fransen scharf sind.

Es scheint also hier ein Maximum von Empfindlichkeit zu geben, welches man zu erreichen suchen muß. Ich habe Prismen versucht, deren Hypothenusen Winkel von 42° , 22° und 12° Grad mit der optischen Axe machen. Die Empfindlichkeit nahm fortwährend zu, sobald man die Fransen mit einem kleinen Fernrohr vergrößerte.

Ich habe die Empfindlichkeit des neuen Polariskops mit der der doppeltdrehenden Platten verglichen, indem ich sie, statt dieser Platten, an einen Soleil'schen Saccharimeter anbrachte.

Mit dem Winkel von 12° erhielt ich eine Empfindlichkeit, die wenigstens der der Platten gleich war; beim Winkel von 22° war sie nur die Hälfte von dieser, und beim Winkel von 42° nur ein Viertel derselben.

Die eben beschriebenen zusammengesetzten Platten mit halbirten Fransen können mit Vortheil die doppeltdrehenden Platten in dem Apparat ersetzen, den ich zum Studium der Eigenschaften desjenigen Lichts angewandt habe, welches von den mit Metall-Opacität begabten Krystallen reflectirt wird ¹⁾. Allemaal, wo bei den doppeltdrehenden Platten eine Gleichförmigkeit der Farben eintritt, beobachtet man bei dem neuen Polariskop eine Einstellung der Fransen in gerade Linien. Dieses Kennzeichen macht die Erscheinungen noch hervortretender und die Messungen werden dadurch weit genauer.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XX, p. 397.* (Ann. Ergbd. II. S. 513).

**X. Bemerkungen über die Volume und die Dichtigkeiten flüssiger und gasiger Körper;
von Hrn. J. A. Groshans.**

In diesen Annalen Bd. 78, S. 112 und Bd. 79, S. 290 habe ich bemerkt:

- 1) dafs die Dichtigkeiten der Dämpfe aller Körper bei 0^m,76 und den Siedpunkten mit einander vergleichbar sind;
- 2) dafs das Verhältnifs dieser Dichtigkeiten bei allen entsprechenden Temperaturen beständig dasselbe bleibt;
- 3) dafs man dadurch diese Temperaturen berechnen kann;
- 4) dafs, wenn man ein Drittel der Dichtigkeit des Wasserdampfs bei 0^m,76 und 100° C. zur Einheit annimmt, die Dichtigkeiten der Dämpfe aller übrigen Körper im Allgemeinen durch ganze Zahlen ausdrückbar sind;
- 5) dafs diese Zahlen bei einigen Körpern von der Zusammensetzung $pC + qH + rO$ übereinstimmen mit der Anzahl p, q, r der in denselben enthaltenen Atomen;
- 6) dafs im Allgemeinen eine Beziehung vorhanden ist zwischen den Zahlen, welche die Dichtigkeit ausdrücken und der Anzahl von Atomen oder Volumen, aus denen die Körper zusammengesetzt sind.

Der gegenwärtige Aufsatz enthält die Resultate der von mir gemachten Vergleiche der Dichtigkeiten der Dämpfe mit den Dichtigkeiten der sie hervorbringenden Flüssigkeiten, beide genommen bei den Siedpunkten und der Spannung von 0^m,76.

Sind die Atomgewichte zweier Körper P und p respective A und a , die Siedpunkte derselben in Centigraden E und e , die Dichtigkeiten der Dämpfe bei 0^m,76 und den Punkten E und e , unter Annahme der erwähnten Einheit, V und v , so hat man die Gleichung:

$$\frac{A}{a} = \frac{1 + Ec}{1 + ec} \times \frac{V}{v}.$$

Der Körper P wird das grössere Atomgewicht haben. Die Atomgewichte werden auf $H_2 = 1$ bezogen.

Wenn die Dichtigkeiten gleich sind, stehen die Atomgewichte im Verhältniss der Volume, denn

$$\frac{A}{a} = \frac{1+Ec}{1+ec}.$$

Wenn die Siedpunkte und folglich die Volume gleich sind, verhalten sich die Atomgewichte wie die Volume; es wird seyn

$$\frac{A}{a} = \frac{V}{v} \text{ und immer ist } \frac{1+Ec}{1+ec} = \frac{A}{a} \times \frac{v}{V}.$$

Nimmt man für das Quecksilber $E = 384^{\circ},72$ und $c = 0,00366$, so wird $V = 20$. Für das Wasser hat man $e = 100^{\circ} \text{ C.}$ und $v = 3$. Für beide Körper existirt also die Relation:

$$\frac{100}{9} = \frac{100,3}{9,20} \times \frac{20}{3} \text{ oder } \frac{100}{9} = \frac{5}{3} \times \frac{20}{9}.$$

Die Volume der Dämpfe beider verhalten sich genau wie 5:3.

Angenommen, als flüssige Volume, für das Quecksilber 98,0 (Regnault) und für das Wasser 117,3 (Kopp) verhalten sich diese Volume zu einander wie 5:5,98 d. h. wie 5:6.

Aber $\frac{5}{3} : \frac{5}{6} = 2:1$. Man kann also annehmen, dafs, beim Uebergang aus dem gasigen Zustand in den flüssigen, das Quecksilber sich genau im doppelten Verhältniss zusammenziehe wie das Wasser.

Der Genauigkeitsgrad dieser Zahlen läfst sogleich vermuthen, dafs alle übrigen Körper, oder wenigstens die meisten, dasselbe Phänomen darbieten, und dafs im Allgemeinen die Zusammenziehungen der Körper unter sich vergleichbar sind.

So ist es auch in der That; nur erfordert der Beweis eine Auswahl der Körper, deren Zusammenziehungen man vergleichen will. Man erreichte es nicht so leicht, wenn man die Zusammenziehungen aller Körper blofs mit der eines einzigen von ihnen, z. B. mit der des Wassers, vergleichen

wollte. Das Wasser ist vielleicht der Körper, der sich zu diesem Vergleiche am wenigstens eignet.

Ich bin dahin geführt, einige Körper, die eine Eigenschaft in gleichem Grade darbieten, in zwei Klassen zu bringen.

1. Es giebt Körper, deren Siedpunkte gleich oder fast gleich sind. Ich nenne sie *isoeptische* Körper.

2. Es giebt Körper, die in Dampfform bei 0°,76 und ihren Siedpunkten gleiche Dichtigkeit haben. Ich nenne sie *isobarische* Körper.

Die isoeptischen Körper zeigen, im flüssigen Zustande, im Allgemeinen (vielleicht mit einigen Ausnahmen) folgende Erscheinungen:

1. Bei allen gleichen Temperaturen stehen die Dichtigkeiten in einem einfachen Verhältniss: $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ u. s. w.

2. Das Verhältniss der Flüssigkeits-Dichten steht in einfachem Verhältniss zum Verhältniss der Dampfdichten.

Beispiele').

	E		V.	Dichtigkeit	
	beobacht.	berechn.		bei 0° C.	bei E.
Brom	63° P. 58 A.	58,5	30	3,1872 P.	2,9795 P.
Holzgeist	66 P. 60 K.	58,5	6	0,8193 M.	0,7619 M.
Chlorsilicium	59 P.	58,0	48	1,5237 P.	1,394
Bromäther	40,6 P.	35,0	44	1,4733 P.	1,3970
Aether	35,5	33,65	15	0,7361 M.	0,6969 Kp.
Chlorphosphor	78,3 P.	78,2	49	1,6162 P.	1,466 P.
Alkohol	78,5			0,8123 M.	0,7393 Kp.
Brom - Aethyl	132,6 P.			2,1629 ²⁾ P.	1,923
Chlorarsen	133,8			2,2050 P.	1,914

Hieraus folgt:

1. Dafs die Zusammenziehungen der Körper, bei ihrem Uebergange aus dem dampfförmigen Zustand in den flüssigen, im Allgemeinen ein einfaches Verhältniss zeigen.

1) Bei den beobachteten Daten bezeichnet: P. Pierre, A. Andrews, K. Kane, Kp. Kopp und M. Mittel zwischen Pierre u. Kopp.

2) Bei 20°,8.

2. Dafs die Zusammenziehungen zweier isoeptischer Körper im flüssigen Zustand gleich sind ¹⁾).

Bei den isoeptischen Körpern sind alle gleichen Temperaturen nothwendig entsprechende. Bei vielen, vielleicht bei den meisten, flüssigen Körpern sind die Contractionen gleich für ein gleiches Intervall zwischen E und der Temperatur, bei welcher die Spannung $(760 - p)$ Millimeter ist. Diese Zusammenziehungen sind fast die doppelten von der des Wassers. Diefs erklärt das so kleine Volumen dieses Körpers, unter welchem einem Gesichtspunkt man es auch mit dem anderer Körper verglichen habe.

Da V im Allgemeinen eine ganze Zahl ist und kaum 30 oder 40 übersteigt, so giebt es unter der unendlichen Anzahl von Körpern nothwendig viele isobare.

Dergleichen sind z. B.

Quecksilber		} deren $V = 20$
Schwefeläther	$C_4H_{10}O_3S$	
Kohlensäure	CO^2	
Ameisens. Aethyloxyd	$O_3H_6O_2$	} deren $V = 14$
Essigsaur. Methyl	$C_3H_6O_2$	
Stickstoffoxyd	NO	} deren $V = 15.$
Schwefelkohlenstoff	CS_2	
Aether	$C_4H_{10}O$	
Schweflige Säure	SO_2	

Die Volume der drei letzten Körper zeigen ein sonderbares Phänomen:

Das Volum von S_2C bei 42° (E berechnet)

ist (nach Pierre) = 386

Das Volum von SO_2 bei -8° (Pierre) . . = 277

Das Volum von $C_4H_{10}O$ ist (nach Kopp)
genau die Summe dieser beiden Volume . . = 663

Bei dem ameisen-sauren Aethyloxyd, $C_3H_6O_2$,
wo $V = 14$ und $E = 55,5$ (berechnet) ist
das Volumen (nach Kopp) = 1059

Beim Jodäther, $C_4H_{10}J$, wo $V = 56$, u. das berechnete $E = 73,6$ ist das Volum (Pierre) = 1075

1) Vielleicht wäre es zweckmäßig die beiden Arten von Zusammenziehungen durch verschiedene Worte zu unterscheiden.

Diese beiden Volume können als gleich angesehen werden. Ich kenne nicht die Dichtigkeit der Dämpfe bei $0^{\text{m}},76$ und E^1); wenn aber die beiden Körper nicht isobar sind, ist es wenigstens unmöglich, daß $V:v$ ein einfaches Verhältniß sey.

Angenommen für $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{SO}_3$, $E=156$ und $V=20$, für Aether, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, $e=33^{\circ},65$ und $v=15$, dann ist:

$$\frac{V}{v} = \frac{20}{15} = \frac{4}{3}.$$

Die Dichten der Flüssigkeiten bei E und e sind $0,9274$ (Pierre) und $0,6969$ (Kopp)

$$\frac{0,9274}{0,6969} = \frac{4}{3,005} = \frac{4}{3}.$$

Nehmen wir an für Jodäther ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{J}$) $E=73^{\circ},6$ und $V=56$, sowie für Chloräther $e=13,6$ und $v=28$, so haben wir

$$\frac{V}{v} = \frac{56}{28} = 2.$$

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind, nach Pierre, $1,815$ und $0,9058$; aber

$$\frac{1,815}{0,9058} = 2,003.$$

Angenommen für Zinnchloryd (SnCl_2) $E=111^{\circ},9$ und $V=42$, sowie für Aether ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) $e=33^{\circ},65$ und $v=15$, ist

$$\frac{V}{v} = \frac{42}{15}.$$

- 1) Ich habe nicht immer Gelegenheit gehabt, die Versuche, welche die Dichte der Dämpfe bei $0^{\text{m}},76$ und 0°C. gegeben, aufzusuchen. So kann ich Körper als isobar aufgeführt haben, die es nicht sind, und andere als nicht isobar, die es wirklich sind. Meine Absicht war nur zu zeigen, daß im Allgemeinen die Zusammensetzungen flüssiger und gasiger Körper in einfachem Verhältniß stehen. Wenn dieser Satz festgestellt ist, wird es leicht seyn, die wahren Verhältnisse zu bestimmen. Denkt man sich die Dichtigkeiten bei 0° und E als proportional den Atomgewichten oder deren Multipla, so bleiben die Verhältnisse immer einfach, obgleich in einigen Fällen das wahre Verhältniß die Einheit seyn kann.

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind 1,965 (Pierre) und 0,6969 (Kopp), aber

$$\frac{1,965}{0,6969} = \frac{42}{14,89}.$$

Es scheint demnach als sey in diesen drei Beispielen das Verhältniß strenge der Einheit gleich.

Beim Bromholzäther, C_2H_5Br , zeigt die Rechnung, daß $V=38$ seyn muß. Denn beim Brom ist $V=30$; es wäre also $E=37^{\circ},4$. Pierre hat etwa $13^{\circ}C$. gefunden. Dennoch bleibt kein Zweifel, daß $37^{\circ},4$ wirklich die der Spannung $0^m,76$ entsprechende Temperatur sey.

Ferner wollen wir für das Bromsilicium annehmen $e=153^{\circ},4$ und $v=76$. Dann haben wir

$$\frac{V}{v} = \frac{38}{76} = \frac{1}{2}.$$

Die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E und e sind, nach Pierre, 1,6218 und 2,4334, aber

$$\frac{1,6218}{2,4334} = \frac{2}{3,0009}.$$

Ich schliesse hiemit diese Betrachtungen; sie scheinen mir hinlänglich, um den Satz von den Zusammenziehungen in einfachem Verhältnisse festzustellen.

Bei den obigen isoeptischen Körpern findet sich das Chlorsilicium als isoeptisch neben Brom und Holzgeist gesetzt. Es kann zweifelhaft seyn, ob dem strenge so sey, weil das Verhältniß der Dichtigkeiten nicht so einfach ist als es seyn müßte. Es scheint nämlich, daß bei mehreren Körpern der direct beobachtete Siedpunkt nicht zusammenfalle mit der der Spannung $0^m,76$ entsprechenden Temperatur.

Der Siedpunkt des Holzgeistes z. B. scheint nach mehreren Beobachtungen $66^{\circ}C$. zu seyn. Für $V=6$ und $E=58,3$ ist indeß, nach Berzelius, seine Spannung bei $14^{\circ}=83$ Millimeter, und dies entspricht der des Wassers bei $48^{\circ},8$. Dadurch hat man

$$E = -273,22 + \frac{373,22 + 1,366 \times 14}{1 + 48,8.c} = 59^{\circ},6$$

während Kane gefunden $E=60$.

Dieselbe Bemerkung lässt sich beim Schwefelkohlenstoff machen. Sein Siedpunkt scheint 46 bis 48° zu seyn, indess giebt Mitscherlich 42°. Für $V=15$ ist $E=41,9$, und nach Thenard sind die Temperaturen 22°,5 für S_2C und 77°,56 für Wasser entsprechende; dieß giebt $E=41°,4$.

Ich weiß nicht, bis wie weit sich die Abweichungen erstrecken können; aber es steht zu glauben, daß sie so bedeutend sind, um zuweilen die Bestimmung von V unmöglich zu machen. Es ist also in mehreren Fällen schwierig zu unterscheiden, ob Körper isopept oder isobar seyen oder nicht, vor allem weil die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten bei E mit diesen Abweichungen behaftet sind.

Ich komme auf eine vorhin erwähnte Folgerung zurück. Bei mehreren, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzten Körpern ist V gleich der in ihnen enthaltenen Anzahl von Atomen (oder Volumen) C , H , und O . Ich habe deren bis jetzt 10 bis 12 aufgezählt. In vier Combinationen hat der Stickstoff das Gewicht 14. Das Brom hat für sich und in zwei Combinationen das Gewicht 30. Das Gewicht des Quecksilbers ist 20. Ohne Zweifel wäre es voreilig, aus diesen Thatsachen auf die Zusammensetzbarkeit der Elemente zu schließen. Indess scheinen sie mir die durch das Dulong-Petit'sche Gesetz über die specifische Wärme erregte Idee vom Charakter der Einheit abzuändern streben.

Rotterdam, den 30. Nov. 1849.

XI. Ueber die Extreme der Kälte, welche im Jahre 1850 auf den preussischen Stationen beobachtet wurden; von H. W. Dove.

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. April 1850).

Die Witterungserscheinungen des vergangenen Winters zeigen so bedeutende Abweichungen besonders in den barometrischen Schwankungen von den mittleren Werthen, daß eine Untersuchung, wo diese Störungen begannen und wie sie sich fortgepflanzt haben, interessante Ergebnisse verspricht. Solche Untersuchungen können aber erst umfassend angestellt werden, wenn aus sehr verschiedenen Gegenden die Beobachtungen veröffentlicht werden. Die hier der Akademie vorgelegte Notiz bezieht sich zunächst nur auf die Extreme der Kälte, wie sie vom 20—22. Januar auf den preussischen Beobachtungsstationen, welche unter der Leitung des statistischen Büreaus stehen, an verglichenen nach Réaumur getheilten Instrumenten erhalten wurden.

Die Kälte trat überall nach mehrere Wochen anhaltenden überwiegend östlichen Winden ein, welche anfangs mehr aus NO, später mehr aus SO wehten. In der Nacht, in welcher die höchste Kälte beobachtet wurde, 21—22, erreichte das Barometer eine ungewöhnliche Höhe. Das Maximum der Kälte fiel nach Posen; Bromberg und Posen gaben übereinstimmend eine 29 Grad übersteigende Kälte. Nach der Küste der Ostsee hin ist diese Kälte weniger intensiv, und nimmt bedeutend nach dem Rhein hin ab. An der Stelle der größten Kälte häuft sich die Luft am stärksten an (in Königsberg wurde das absolute Maximum beobachtet, an den anderen Stationen zu den gewöhnlichen Stunden 6, 2, 10). Um die Vertheilung der Temperatur und des Druckes anschaulich zu machen, sind in der folgenden Tafel die numerischen Data zusammengestellt. Die erste Columne enthält die absoluten Kältegrade, an einem

Registerthermometer erhalten, wo X steht; neben dem barometrischen Maximum und dem Tage, an welchen es beobachtet ward, steht das Monatsmittel. Die letzte Columnne enthält den Ueberschuß des Maximum über dieses Mittel.

	Temperatur.			Barometer.			
	Réaum.		Januar.	Maximum.	Jan.	Monatsmittel.	Ueberschuß.
Tilsit	— 22,0		20	346,20	22	338,20	8,00
Memel	— 18,7		20	346,68	21	338,74	7,94
Arys	— 24,6	X	22	342,21	22	333,59	8,62
Königsberg	— 23,9	X	20	348,03	21	338,27	9,96
Conitz	— 22,2		21	340,77	22	331,52	9,25
Bromberg	— 29,3	X	22	346,30	22	336,92	9,38
Posen	— 29,2		22	345,37	22	335,50	9,87
Ratibor	— 20,7	X	22	339,04	22	330,45	8,59
Neiße	— 27,0	X	22	337,05	22	329,92	7,13
Breslau	— 21,8	X	22	341,65	21	332,57	9,08
Görlitz	— 24,0		22	338,49	21	330,11	8,38
Frankfurt	— 20,6		22	346,21	22	337,15	9,06
Torgau	— 22,3		21	342,62	22	334,41	8,21
Cöslin	— 18,2		21	346,18	22	336,96	9,22
Stettin	— 21,6	X	22	347,80	22	338,29	9,51
Berlin	— 20,0	X	22	345,40	21	336,71	8,69
Potsdam	— 20,0	X	22	345,14	22	336,78	8,36
Hinrichshagen	— 20,1	X	22	342,01	22	334,01	8,00
Salzwedel	— 19,5	X	22	445,53	21	337,42	8,11
Mühlhausen	— 24,0		22				
Heiligenstadt	— 22,0	X	22	334,38	22	327,38	7,00
Brocken	— 10,5		21	298,23	22	292,13	6,10
Salzungen	— 20,3		22	341,95	22	335,11	6,84
Gütersloh	— 17,1	X	21	341,84	22	335,02	6,82
Paderborn	— 15,1	X	22	339,58	21	332,79	6,79
Boppard	— 17,0		22				
Bonn	— 14,2	X	21 22				
Trier	— 16,9	X	22	340,06	22	332,61	7,45
Aachen	— 11,0	X	21 22	337,47	22	330,23	7,24
Cöln	— 14,8	X	21	342,62	22	335,81	6,81
Cleve	— 16,0	X	21	343,19	22	336,79	6,40

Die so häufig gemachte Bemerkung, daß bei hohen Kältegraden, welche in der Ebene beobachtet werden, die Temperatur nach der Höhe zunimmt, bestätigt sich hier sehr schön durch die Brockenbeobachtungen. Am 22. war die Kälte daselbst nur — 9,0, — 10,5, am 21.; das absolute Minimum des Monats — 15,3 fällt daher auf einen ganz

ganz anderen Tag, den 27. Januar. Aehnliche Verhältnisse zeigten sich im Riesengebirge, denn in einem an den Verfasser gerichteten Briefe schreibt Graf Pilati: „In Schlegel, bei Glatz, 1181' über dem Meere, stieg die Kälte am 22. bei Sonnenaufgang auf — 27, in Pischkewitz, nicht im hochgelegenen Schlosse, sondern in der Beamtenwohnung am Wasser, soll sie — 30 gezeigt haben. Dagegen haben Wünschelburger den bei ihnen sehr angenehmen Wintermorgen ohne besondere winterliche Vorsichtsmafsregeln zu einer Fahrt nach Glatz benutzt und haben die Kälte in Glatz nicht begreifen können. Am 7. April fand ich in diesem Städtchen unmittelbar am Fufs des Heuscheuer schon mehrere Blumen, während bei uns noch keine Spur davon zu sehen ist“.

XII. *Ueber die Hagelbildung;*

von Dr. Julius Löwe.

Obschon die Meteorologie in neuester Zeit so grosse Schritte gethan und Manches, was uns dunkel, in ihren erweiterten Lichtkreis gezogen hat, wodurch uns das Entfernte näher gerückt ist, so müssen wir doch eingestehen, dafs die Hagelbildung immer noch etwas Räthselhaftes an sich trägt. Die Theorie von Volta, welche, fast über alle andere Ansichten herrschend, sich lange ausschliesslich zu behaupten wufste, sucht man jetzt in vielen wissenschaftlichen Kreisen, und wohl nicht mit Unrecht, doch nach und nach zu verlassen. Sie erklärt den Hergang dieses Phänomens, ohne durch ihre Erklärungsweise andere neue Fragen und Zweifel verschwinden zu lassen. Eine geistreiche Färbung können wir ihr deshalb sicher nicht absprechen und ihre Autorität kräftigt diese Ansicht. So grosartige Spiele der Natur lassen sich allein aus unseren physikalischen Kabi-

neten nicht beantworten, sie verlangen eine lange Reihe sorgfältiger Beobachtungen, durch welche wir endlich auf den Weg folgerechter Schlüsse geführt werden müssen. Ich bin weit davon entfernt dieses Problem hier lösen zu wollen; meine Zeilen haben nur den Zweck, den Meteorologen eine Thatsache zu berichtigen, bei welcher ich selbst Zuschauer war und die bei Vergleichen und Zusammenstellungen ähnlicher Art denselben kein unwillkommener Beitrag seyn möchte. Ich beschreibe daher ein Hagelwetter, wie ich es im Jahre 1845 den 2. August in Cronberg am Taunus erlebt habe und werde mir am Schlusse erlauben eine Ansicht über dessen Bildung auszusprechen, von welcher ich mich seit dem Tage des Ereignisses bis heute nicht lossagen konnte. Meine Angaben über das Wetter selbst habe ich durch die Freundlichkeit des Hrn. J. Becker, Lehrer, welcher mir die seinigen zur Verfügung stellte, vervollständigen können. Um einige örtliche Bemerkungen nicht zu übergehen, schicke ich voraus, daß Cronberg am Fusse des Taunus liegt. In Westen von dem sogenannten 1268,10 Fufs hohen Hartberg, in Norden von dem 2468,60 Fufs hohen Altkönig eingeschlossen (Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogth. Nassau). Seine nördliche Breite beträgt $50^{\circ} 7' 48''$ und seine Meereshöhe etwas mehr als 700 Fufs mit einem mittleren Barometerstand von 327,28 par. L. und einem mittleren Thermometerstand von $+7,53^{\circ}$ R.

Am Abend des 1. August fiel ein nicht unbedeutender Regen, wobei die Temperatur $+13,1^{\circ}$ R. war. Während des Tages selbst spielte ein schwacher Wind aus WS und SSW und der Himmel blieb dabei stets bewölkt. Erst in der Nacht von dem 1. auf den 2. hörte man in der Entfernung oft ein schwaches Donnern. Gegen Morgen ertönte das Rollen desselben schon immer näher und stärker und erreichte um 5 Uhr eine solche Heftigkeit, daß er alle Schlafenden aus den Betten trieb. Dabei schwärzte sich der westliche Horizont immer mehr und mehr und intensive Blitze erleuchteten und durchkreuzten ihn nach al-

len Richtungen. Ungefähr 20 Minuten nach 6 Uhr zeigte sich plötzlich in WSW eine weifsgraue Wolke, aus deren Mitte, nach Becker's Angaben, öfters weifsgraue, fächerförmige Strahlen schossen. Gegen 6 Uhr 30 Minuten hörte man das charakteristische, prasselnde Geräusch, welches immer den Hagelwettern vorausgeht und die ziemlich tiefgehende Wolke, von welcher dasselbe herzukommen schien, bewegte sich sichtbar schnell von WSW nach NO in directem Laufe nach Cronberg zu. Das Leuchten der Blitze, sowie das Krachen des Donners wurde dabei stets gewaltiger. In wenigen Augenblicken stürzte eine ungeheure Hagelmasse mit furchtbarer Heftigkeit unter einem hohlen *Windesheulen* in *wirbelnden* Bewegungen auf die mir gegenüberliegenden Dächer; Fensterflügel wurden ausgehoben und die Scheiben derselben fast bei allen Wohnungen zertrümmert. Die Entladungswolke war so dicht, dafs während ihres Niederfalls es ganz dunkel wurde. Nach der Aussage mehrerer Beobachter, die in der Ferne mit zusammen, soll Cronberg in diesem Moment ihren Blicken völlig entschwunden seyn. Das ganze Schauspiel dauerte etwa 5—7 Minuten, und doch war die in so kurzer Zeit gefallene Hagelmasse so grofs, dafs sie die Strassen und Wege fast bis zu einem Fufs hoch überschüttete. Die einzelnen Körner zeigten eine Gröfse, etwas beträchtlicher als die einer Flintenkugel; nach Becker's Messungen erreichten viele den Durchmesser von 11—12". Ihre Gestalt war fast durchgehend die kugelförmige; doch wichen einige von dieser Regelmäfsigkeit ab und waren an den Rändern etwas eingerissen; ja, es sollen an manchen Orten sogar Eismassen von der Ausdehnung einer Mannshand herabgeschleudert worden seyn. Besonders geschah diess in einem ungefähr $\frac{1}{4}$ Stunde von Cronberg entfernten Walde, am Hartberg, woselbst also die Entladung der Wolke mit ihrer gröfsten Intensität dürfte begonnen haben. Einige dieser Körner sollen bei ihrem Aufschlagen wie Glas zersprungen seyn und ein schweflicher Geruch nach dem Fallen der Hagelmassen sich bemerkbar gemacht haben. Etwa 1 $\frac{1}{2}$ Stunden

westlich von Cronberg fielen zuerst vereinzelt einige Körner. Das Wetter nahm seinen Zug nach NO und entlud sich, jedoch in sehr geschwächtem Maasse, auch in den nordöstlich von Cronberg gelegenen Fluren. Der Stand des Barometers vor dem Wetter betrug 324,6", nach demselben 325,0" bei 0° R. Das Thermometer zeigte im Anfange 13,1° und gegen 7 Uhr 11,4° R. Auch hier geschah es, wie in so vielen Fällen, daß vor dem Hagel kein Regen fiel; erst gegen das Ende stellte sich derselbe ein und ward heftiger, als das Hageln ganz aufgehört hatte. Der Regennmesser erlangte dadurch einen Stand von 66 par. L. Ich vermag es nicht zu schildern, welche entsetzliche Zerstörung ein Wetter von so kurzer Zeitdauer anrichtete. Die schönen und herrlichen Aussichten auf eine reiche Ernte waren vernichtet; wie ausgedroschen lagen die Aehren der Halmfrüchte an dem Boden, das Kraut der Knollengewächse fast gänzlich abgeschlagen; die Obstbäume der Früchte und Blätter beraubt, standen abgestreift da, wie nach einem Herbstfroste, leeres Gezweig hinaus in die feuchte Lüfte breitend. Ein dichter Nebel, welcher von den Fluren aufstieg, bildete zu diesem traurigen, herbstlichen Gemälde die Umrahmung. Eine Menge getödteter Singvögel schwammen in den mit Hagelkörnern und unreifem Obste gemischten Wasserströmen, welche von den Anhöhen herabrauschten. Ein Knabe allein sammelte solcher armen Thiere über 46, ja sogar junge Hasen waren den Schlägen dieses Wetters nicht entgangen. Die kräftigsten, dickstämmigsten Bäume waren entwurzelt und auf die Krone gestellt, überall erblickte man die Spuren dieser schrecklichen Verwüstung der Natur; eine sonst so milde Schafferin zeigte sich hier in der Lust unersättlicher Zerstörung.

Das ganze Auftreten dieses hier beschriebenen Naturereignisses zwang mir die Ansicht auf, daß die Hagelbildung auf einer Mitwirkung von Wirbelwinden beruhen müsse; einmal das hohle Brausen, womit die anfängliche Entladung begleitet war; ferner die wirbelnden Bewegungen, welche ich beim Niederfallen der Hagelkörner beob-

achtete; alsdann die seltsame Stellung der entwurzelten Bäume, Alles dieses scheint sich mit dieser Meinung zu vereinigen. Sey es mir nun erlaubt ein Bild über die Entstehung solcher Wirbeln und der daraus folgenden Hagelbildung zu entwerfen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß die in den Aequatorialgegenden stark verdünnte, senkrecht aufsteigende Luft in einer gewissen Höhe zu beiden Seiten des Aequators nach den Polen hin abfließt (Aequatorialstrom). Dieser Verlust wird ersetzt durch eine Strömung in entgegengesetztem Sinne, welche eine Richtung von den Polen zu dem Aequator hat (Polarstrom). Solche Windbewegungen finden auf gleiche Weise auf der nördlichen, wie südlichen Halbkugel statt; doch betrachten wir deren Lauf nur auf der nördlichen Hemisphäre. Diese beiden Passate, wie man sie auch zu bezeichnen pflegt, werden in geringen Entfernungen vom Aequator in entgegengesetzten Bewegungen horizontal über einander noch hinfließen. Der Polarstrom, als der kältere und schwerere, wird der untere (untere Passat), der Aequatorialstrom, als der leichtere, wird der obere Strom seyn (obere Passat). Doch diese Differenz in der Lagerung der beider Luftströmungen wird mehr und mehr schwinden müssen, je mehr der obere Passat sich abkühlt, welches geschieht, indem er über Breiten streicht, die eine geringe Temperatur besitzen, als die seinige ist. So wird nun bekanntlich bald ein Zeitpunkt kommen, wo diese beiden Ströme nicht mehr horizontal über einander abfließen, sondern eine kurze Weile sich neben einander herbewegen werden.

Ist dieser Augenblick erfolgt, so wird sogleich ein lebhafter Austausch an den Berührungsstellen beider Passate eintreten; Theile des Polarstroms werden hinüber zum Aequatorialstrom gerissen, da letzterer ein größeres Bewegungsmoment besitzt, als ersterer, indem er von Breiten kommt, denen eine größere Rotationsgeschwindigkeit eigen ist. Allein diese Theilchen des unteren Passats werden dem schnellen Laufe ihrer neuen Stromrichtung nicht folgen können, ihre größere Schwere wird sie daran hindern,

und somit werden sie nach einem sehr kurzen Zeitraume gezwungen zu ihrer ursprünglichen Richtung überzuspringen. Durch diesen wechselseitigen Verkehr beider Winde wird eine wirbelnde Bewegung entstehen müssen, die um so heftiger, je beträchtlicher der Bruchtheil ist, um welchen die Schnelligkeit des Aequatorialstroms die des Polarstroms übertrifft; natürlich innerhalb gewisser Gränzen. Durch eine solche andauernde Rotation an den Berührungsflächen beider Luftströmungen wird aber eine bedeutende Abkühlung hervorgerufen; die vorher in der Atmosphäre aufgelösten Wasserdämpfe müssen condensirt werden, ja, ihre Temperatur wird bei anhaltender Bewegung bis zum Gefrierpunkt herabsinken, und von diesem Augenblick an sind alle Bedingungen zur Eisbildung gegeben. Die sich immer aufs Neue niederschlagenden Dämpfe werden sich um den bereits gebildeten Krystallkern ablagern, und somit ein Wachsen desselben bedingen. Diese so zu sagen entstandene Hageltrombe wird von dem schneller eilenden Aequatorialstrom mit fortgerissen und für dieses dürfte die Beobachtung sprechen, daß nämlich die meisten Hagelwetter ein Streifen von SW nach NO zeigen. Schon Dove nimmt bei seiner Erklärung über das Entstehen der Stürme solche Wirbel zu Hülfe, nur wird nach seiner Ansicht eine wirbelnde Bewegung aus dem Anstofse, den einer der Ströme auf den anderen ausübt, nicht recht deutlich. Auch viele Andere haben schon den Wirbeln einen großen Antheil bei der Hagelbildung zugestanden, nur sollen es theils nach ihren Meinungen elektrische Wirbel seyn, und ich erinnere mich sogar gelesen zu haben, daß solche elektrische Wirbel aus dem Anstofsen gleichnamiger elektrischer Fluida hervorgerufen würden, so z. B., daß die Erde und die Wolken beide $+$ E. oder beide mit $-$ E. geladen wären. Ich glaube diese Hypothese ist zu sehr auf die Unkenntniß von der Lehre der elektrischen Vertheilung gebaut, als daß sie in den Kreis der Wahrscheinlichkeit dürfte gezogen werden. Noch vielfältige Beobachtungen werden bestätigen, daß die Wirkung von Wirbeln überhaupt bei

der Hagelbildung ein Factum ist, welches sich nicht wegläugnen läßt.

Wenigstens scheint die stets sich der Kugelform so nähernde Gestalt der Hagelkörner auf eine rotirende Bewegung hinzuzeigen. Merkwürdig ist auf jeden Fall die That-
sache, daß zwischen den Wendekreisen gar keine Hagelwetter vorkommen sollen (Humboldt's Reise III. S. 465). Ebenso auch nicht jenseits des 60° der Breite, und somit wäre ihr Erscheinen mehr auf die mittleren Breiten beschränkt, eine Annahme, welche die Erfahrung zu bekräftigen scheint. Nach der Weise, wie ich mir erlaube die Entstehung der Hagelwolken zu denken, liefse sich darüber vielleicht ein Aufschluß ertheilen. So lange die beiden Ströme horizontal über einander abfließen, ist eine gegenseitige Reaction nicht denkbar, und dieses ereignet sich ja stets in unbeträchtlichen Entfernungen vom Aequator, woselbst der obere Passat von seiner anfänglichen Intensität noch wenig verloren hat; dagegen muß er in sehr hohen Breiten schon so bedeutend abgekühlt seyn, daß seine Wirkung auf den Polarstrom verschwindet. Sollte nun wirklich dieses ganze Phänomen nur auf einer Gegenwirkung dieser beiden Luftströmungen beruhen, so müßte man vielleicht ein Wehen des Windes nach verschiedenen Seiten bei einem Hagelwetter beobachten können, welche Wahrnehmung in der That schon soll gemacht worden seyn, besonders sehr bemerklich an dem unregelmäßigen Zuge der Wolken. Im Kleinen kann man ein solches Spiel zweier Luftströmungen und die dadurch entstehenden Wirbeln sehen, wenn man die Fenster eines Zimmers öffnet, in welchem viel Rauch ist, und dessen Temperatur gegen die der äußeren Luft nicht um sehr viel Wärmegrade differirt.

Es bliebe nur noch die Frage zur Beantwortung übrig, welche Rolle die Elektrizität bei dieser Naturerscheinung spiele und in wiefern eine Entladung der Hagelwolke veranlaßt werden könne. Die neueren Beobachtungen in der Physik haben das Resultat geliefert, daß die Elektrizität meist durch den Verdampfungsproceß der Luft zugeführt

wird, und zwar würde der Wasserdampf dabei + die Erde dabei — elektrisch. Es ist nicht wohl anzunehmen, daß die Elektrizität in der Atmosphäre bloß auf das Verkommen der + E. beschränkt sey, und in der That haben angestellte Versuche auch — E. in derselben nachgewiesen. Wie dem nun sey, immer müssen wir den Verbrennungs- und Verdampfungsproceß als die Hauptquelle der Lustelektricität betrachten. Werden nun diese Dämpfe verdichtet, so wird sich die E., mit welcher sie geschwängert waren, auf ihrer Oberfläche abscheiden und mit ihrem Gegensatze auf der Erde oder mit dem einer ihr näherstehenden Wolke in Spannung treten. Ein Gleiches findet wohl bei Hagelwolken statt, nur mit dem Unterschiede, daß die Hagelwolken gewöhnlich sehr tief gehen und ihre Elektricität mehr das Bestreben zeigt sich mit der E. der Erde ins Gleichgewicht zu setzen; ferner muß in diesem Falle die Spannung um vieles beträchtlicher seyn, als dieses bei Gewitterwolken zu seyn pflegt, indem die dort verdichteten Dämpfe immer noch eine größere Leitungsfähigkeit besitzen, als die hier angehäuften Eismassen. Durch diese wechselseitige Neigung der ungleichnamigen Fluida zur Neutralisation muß endlich eine Entladung der Hagelwolke erfolgen. Nach Volta's Ansicht wäre es eine rasche Verdunstung, hervorgerufen durch die Absorption der Sonnenstrahlen, welche die Hagelbildung begünstigen. In unserem Falle waren die vorhergehenden 15 Tage fast meist regnerisch und zwar verhielt sich die Heiterkeit der Atmosphäre zu deren Bewölbung wie 1:2,1, unter denen sich 10 Regentage befanden.

Diese feuchte Witterung dürfte für den großen Reichtum von Elektricität sprechen, mit welcher die Luft an diesem Tage angefüllt war, und der am Abend des 1. August gefallene Regen muß die unteren Luftschichten um so besser leitend gemacht haben; auch bewirkte vielleicht der stark mit Nadelholz bepflanzte Hartberg, über dem die Wolke zuerst zog, und woselbst die Entladung sicher zuerst begannen, eine starke Vertheilung, wenigstens spricht sich

die Erfahrung für einen derartigen Einfluß von Waldungen aus.

Die unausgesetzten Forschungen der neuen Zeit werden uns auch noch hierüber aufklären, diese Naturerscheinung wird das für uns jetzt Wunderliche verlieren, wenn es uns vergönnt seyn wird, mehr auf ihren Anfang zurückzugehen, und vielleicht finden sich auch in diesem Phänomen die schönen Worte Humboldt's bestätigt: „Dafs die Meteorologie ihr Heil und ihre Wurzel in der heißen Zone suchen müsse!“

XIII. Ueber den Talkspath; von August Breithaupt.

Als ich den *Talkspath* oder *Carbonites hystaticus* in meinem vollst. Handb. d. Mineralogie Bd. 2. S. 210 bestimmt hatte, vermochte ich von der chemischen Beschaffenheit nur im Allgemeinen anzugeben, dafs der Körper die reinste kohlensaure Magnesia sey, welche man von krystallisirten Mineralien habe. Man kennt ihn sehr ausgezeichnet aus Norwegen, wo er beim Hofe Lofthuus unweit Snarum in Begleitung von Serpentin, sogen. Titaneisen, Hydrotalkit und einem *Phengit-Glimmer*, in einer lagerartigen Zone im Urgneise vorkommt. Hier wird er meist von grobkörniger marmorähnlicher Beschaffenheit, seltener in gröfseren homogen krystallischen Partien angetroffen.

Diesen *Talkspath* habe ich in drei Spaltungsgestalten gemessen und, bei schöner Spiegelung, den stumpfen Rhomboëder-Winkel, wie früher an anderen Varietäten $= 107^{\circ} 28\frac{1}{2}'$ gefunden, nämlich $107^{\circ} 28'$, $107^{\circ} 28\frac{1}{2}'$, $107^{\circ} 29'$. Das spezifische Gewicht $= 3,017$.

Hr. Prof. Th. Scheerer, dem ich auch die obige geognostische Notiz verdanke, fand die chemische Zusammen-

setzung im Durchschnitte von vier sehr nahe miteinander übereinstimmenden Analysen so, wie unter *a* folgt; *b* giebt die Bestandtheile nach der Formel $Mg\ddot{O}$:

	<i>a.</i>	<i>b.</i>
Kohlensäure	51,447	52,768
Magnesia	47,296	47,232
Eisenoxydul	0,786	
Wasser	0,470.	

Hierbei ist das Atomgewicht der Magnesia zu 251,5 angenommen.

Von den Säuren wird auch dieser Talkspath bedeutend schwieriger angegriffen als die amorphe kohlensaure Magnesia, der Magnesit. Den Magnesit von Frankenstein in Schlesien fand der nur genannte Chemiker als eine ganz vorzüglich reine Magnesia.

XIV. Ueber den Aigirin; von August Breithaupt.

Unter dem Namen *Aigirin* oder *Aegyrin* hat man bisher zweierlei von Hrn. Esmark entdeckte und benannte Mineralien, einen *Pyroxen* und einen *Amphibol* begriffen. Hr. Plantamour hat von dem einen *Aigirin* folgende Mischung bekannt gemacht:

Kieselsäure	56,57
Titansäure	2,01
Thonerde	3,41
Kali	7,79
Natron	2,06
Kalkerde	5,91
Magnesia	5,87
Eisenoxydul	24,38

Der andere *Aigirin* soll sich hingegen chemisch wie ein *Amphibol* verhalten haben.

Unlängst erhielt ich nun den ächten *Aigirin* durch Hrn. A. Krantz, verwachsen mit dem jüngern *Leucophan*, welcher Begleiter für jenen bezeichnend seyn soll, und mit einem graulichweißen frischen orthoklastischen *Felsit* mit deutlicher hemiprismatischer Spaltbarkeit und vom specifischen Gewicht 2,490 bis 2,507, den ich nicht geradezu für Pegmatolith erklären möchte. Ferner gehören zu den Begleitern diejenige Abänderung des meist dichten *Natroliths*, welche auch *Bergmannit* genannt worden und ein Phengit. Der Fundort ist die Insel *Skaadön*, die Nachbarinsel von Lamskjaer, wo den genannten Mineralien auch noch *Mosandrit*, angeblich selbst *Sodalit* beibrechen. Beide Inseln liegen im Meerbusen von Brevig in Norwegen. Die Mineralien sollen als Ausscheidungen im Zirkon-Syenit vorkommen.

Der *Aigirin* von *Skaadön* besitzt folgende Eigenschaften: Glasglanz.

An den Kanten grün durchscheinend bis undurchsichtig.

Farbe, grünlichschwarz, schwärzlich- und in den dünnsten Krystallen bis lauchgrün. Strich, lichte grünlichgrau.

Die eingewachsenen Krystalle erscheinen zwar in schilfartigen Säulen mit starker Längenkerbung, wie man dergleichen oft an Amphibolen zu sehen gewohnt ist, allein das Mineral ist dennoch ein *Pyroxen*. Die Neigung des Prisma gegen die Brachydiagonale liefs sich befriedigend messen und dieser Winkel betrug $133^{\circ} 26'$, woraus man den primär-prismatischen Winkel $\angle P = 86^{\circ} 52'$ erhält, den stärkst geschobenen, der noch mit Genauigkeit an einem Pyroxen beobachtet worden. — Die Spaltbarkeit ist brachydiagonal, vollkommen; makrodiagonal deutlich; primär-prismatisch nur in Spuren; somit gleichen Verhaltens wie bei einigen anderen Pyroxenen, z. B. bei Bronzit (*Pyroxenus magnesi*) und Kieselmanganspath (*Pyroxenus manganosus*). Derartiges Verhalten der Spaltbarkeit kennt man hingegen von keinem Amphibol.

Härte = 7 bis $7\frac{1}{2}$.

Specifisches Gewicht = 3,432 bis 3,501 nach drei Be-

stimmungen, der dunkel lauchgrüne war der leichteste, der schwarze der schwerste.

Hrn. Prof. Plattner bat ich um chemische Untersuchung des Minerals, wozu er die schwarze Abänderung, welche auch die von mir gemessene ist, verwendete. Ich erhielt von ihm darüber folgende Mittheilung:

„Der leicht schmelzbare *Aigirin* weicht in seiner Zusammensetzung wesentlich von derjenigen ab, welche Hr. Plantamour angegeben, und nähert sich mehr der des Arfvedsonit's. Ich habe darin folgende Bestandtheile gefunden:

Kieselsäure	52,00
Thonerde	2,20
Eisenoxydul	29,25

und Natron einen bedeutenden Gehalt, welcher wohl das meiste des am Gewicht fehlenden betragen dürfte. Dagegen habe ich weder Kali, noch Kalkerde, noch Talkerde aufgefunden.“

Von dem Arfvedsonit unterscheidet sich der *Aigirin* dadurch, daß das Eisen in jenem als Oxyd, in diesem als Oxydul enthalten ist.

Aus den vorstehenden Untersuchungen geht hervor, daß dieser *Aigirin* ein *Pyroxen* und zwar eine *eigenthümliche Specie* desselben ist, und es möge der Name *Aigirin* für dieses Mineral beibehalten werden.

Der andere *Aigirin* ist ein *Amphibol* von grünlichschwarzer Farbe, welcher einen grünlichgrauen, schon ins Grüne fallenden Strich giebt, nach dem primären Prisma schön spaltet und das specifische Gewicht 3,297 hat. Den prismatischen Winkel habe ich noch nicht gemessen.

XV. *Der Ferdinandsbrunnen zu Marienbad.*

(Aus einer 1849 zu Eger veröffentlichten Notiz).

Die Ferdinandsquelle nimmt seit dem Jahre 1820 einen ehrenvollen Platz unter den Gesundbrunnen Deutschlands ein. Prof. Steinmann hatte sie damals, kurz nach ihrer Fassung, chemisch untersucht, und in 16 Unzen Wasser 45,9650 Grane fester Bestandtheile gefunden.

Im Jahre 1825 wiederholte Berzelius diese Analyse zu Stockholm am versendeten Wasser von der Herbstfüllung 1824, und erhielt ein gleiches Resultat, nur entdeckte er darin, nebst Spuren von Jod, Flus- und Phosphorsäure, noch Lithion und Strontian. Darnach enthielten 16 Unzen des Wassers der Ferdinandsquelle:

Schwefelsaures Natron	22,5362 Grane
Chlornatrium	8,9963 -
Kohlensaures Natron	6,1302 -
Kohlensaures Lithion	0,0676 -
Kohlensaure Kalkerde	4,0112 -
Kohlensauren Strontian	0,0054 -
Kohlensaure Talkerde	3,0489 -
Kohlensaures Eisenoxydul	0,3993 -
Kohlensaures Manganoxydul	0,0921 -
Basisch phosphorsaure Thonerde	0,0054 -
Kieselsäure	0,6697 -
Flusssäure und phosphorsaure Kalkerde und Jodnatrium	Spuren

Summe der festen Bestandtheile 45,9623 Grane

Freie und an die Bicarbonate gebundene Kohlensäure 20,1580 -

Summe aller Bestandtheile 66,1203 Grane

Specifisches Gewicht = 1,00462.

Im nämlichen Jahre fand Struve in einer gleichen Menge Wassers einen Salztückstand von 45,2795 Granen.

Die große Uebereinstimmung dieser zu verschiedenen Zeiten unternommenen Analysen dreier der ausgezeichnetsten Chemiker setzt es außer Zweifel, daß der Ferdinandsbrunnen in den Jahren 1820, 1824 und 1825 eine übereinstimmende chemische Zusammensetzung gehabt hat, und zwar von nicht ganz 46 Granen feuerfester Bestandtheile in 16 Unzen Wassers.

Seit einigen Jahren hat sich durch wiederholte Abdampfungsversuche im Kurorte die interessante Thatsache herausgestellt, daß das quantitative Mischungsverhältniß der genannten Quelle *ein ganz anderes*, und zwar *ein weit günstigeres* geworden ist. Es waren sowohl im Sommer 1843 nach einem siebenwöchentlichen Regen, als auch im Herbste desselben Jahres nach einer fast ebenso lange anhaltenden trockenen Witterung, jedesmal 12 Civilpfunde (zu 16 Unzen) Ferdinandsbrunnen abgedampft worden und hatten, im *Widerspruche mit den bisherigen Analysen*, für 1 Civilfund (zu 16 Unzen) die höchst bedeutende Summe von 73½ Granen fester Bestandtheile gegeben.

K. M. Kersten, Professor der analytischen Chemie zu Freiberg, dadurch veranlaßt, hat eine ebenso unparteiische als gründliche Analyse vorgenommen und die Richtigkeit der vorangegangenen Abdampfungen bestätigt. M. vgl. die meisterhafte Abhandlung des genannten Analytikers: „Der Kreuz- und Ferdinandsbrunnen in Marienbad, von neuem chemisch untersucht. 12. Leipzig, 1845.“ Dieser zufolge enthalten 16 Unzen des Wassers der Ferdinandsquelle:

Schwefelsaures Natron	38,7663	Grane
Schwefelsaures Kali	0,3256	-
Chlornatrium	15,3968	-
Kohlensaures Natron	9,8995	-
Kohlensaures Lithion	0,0691	-
Kohlensaure Kalkerde	4,1832	-
Kohlensauren Strontian	0,0061	-
Kohlensaure Talkerde	3,4944	-
Kohlensaures Eisenoxydul	0,4707	-
Kohlensaures Manganoxydul	0,1205	-
Basisch phosphorsaure Thonerde	0,0137	-
Neutrale phosphorsaure Kalkerde	0,0145	-
Kieselsäure	0,7411	-
Brom-, Fluor-, Quellsäure- und Quellsäureverbindungen und organische Materie	Spuren	-
Summe der festen Bestandtheile	73,5015	Grane.
Freie und an die Bicarbonate gebundene Kohlensäure	22,8372	-
Summe aller Bestandtheile	96,3387	Grane.
Specifisches Gewicht	= 1,01030.	

Man kann die bis auf das Jahr 1832 verfolgte, durch Kersten's Analyse ermittelte chemische Zusammensetzung des Wassers der Ferdinandsquelle unmöglich für ein zufälliges, vorübergehendes Ereigniß halten. Wir finden vielmehr den vermehrten Salzgehalt der Quelle in der seit 1828 geänderten physikalischen Beschaffenheit der nächsten Umgebung des Brunnens *nächst-ursächlich* und *nothwendig* bedingt.

Damals war behufs der Aufführung der gegenwärtigen großartigen Colonnade am Ferdinandsbrunnen die Trockenlegung des versumpften Erdreichs in einer ziemlich weiten Ausbreitung nöthig geworden. Man mußte zu diesem Zwecke ringsherum ein förmliches Netz von gemauerten Abzugskanälen anlegen, die zum Theil zu 5—7 Fufs Tiefe, meist auf Rostunterlagen aufgeführt wurden und, nach dem im hiesigen Archive befindlichen Bauplane (vom genannten Jahre), auf einem Flächenraume von beiläufig 1500 □ Klaftern, zusammengenommen eine Längenausdehnung von 2016 Fufs betragen. Ueberdies mußte westwärts von der Quelle das Bett des vorbeifließenden Auschabaches weiter hinausgerückt, und östlich eine 20—25 Fufs hoch aufsteigende Berglehne ganz abgetragen werden. Bei den letztgenannten Erdabgrabungen kam man auf ein vorher unbekanntes Stollenwasser. Den Abfluß dieses Wassers leitete man in einen Hauptkanal, und liefs die übrigen Abzugskanäle und Gräben in diesen einmünden. Dafs hierbei nebst einigen schwächeren Sauerlingen eine bedeutende Menge sogenannter wilder oder *Tagewässer* abgeleitet worden war, zeigt schon der Augenschein, wornach der mit dem abfließenden Mineralwasser der Ferdinandsquelle vereinte Wasserstrom an seiner Einmündung in den Auschwitzter Bach wenigstens das Dreifache der zuströmenden Wassermasse der Ferdinandsquelle allein beträgt.

Es erscheint nach den hier auseinandergesetzten Verhältnissen im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs die obige Zunahme der Ferdinandsquelle an Salzgehalt mit der gewonnenen Ableitung und Fernhaltung der sogenannten wilden (zum Theil mit mineralischen Bestandtheilen gemengten) Wässer im nothwendigen Zusammenhange steht. Um diese Behauptung zur Gewifsheit zu erheben, war eine neuerliche unmittelbare Messung der Wassermenge der Quelle an ihrer Abflufsrohre das einzige Mittel.

Prof. Steinmann hatte dieselbe im J. 1820 bei di-

recter Messung = 3471 Kubikzolle (fast 45 österr. Maafs) binnen einer Minute gefunden. Sie wurden aber nach vielen, zu jeder Jahreszeit und bei den abweichendsten Witterungsverhältnissen wiederholten, stets übereinstimmenden Versuchen, deren einer vor vielen glaubwürdigen Zeugen vorgenommen wurde, als = 1728 Kubikzolle (nicht ganz $22\frac{1}{2}$ österr. Maafs) binnen einer Minute thatsächlich nachgewiesen. Dafs diese Verminderung der Wassermenge der Ferdinandsquelle seit dem Jahre 1828 wirklich eingetreten ist und so fort bestanden hat, dafür spricht die vom hiesigen Apotheker K. Bremsen. schon früher mitgetheilte Beobachtung, dafs die Menge des abfliefsenden Wassers seit der genannten Zeit mindestens um ein Drittel abgenommen hat.

Der Schlufs liegt nicht fern, dafs mit der also herbeigeführten Verminderung der Wassermenge der Quelle (1828) die erst in neuester Zeit physikalisch-chemisch ermittelte und aufser allen Zweifel gesetzte Vermehrung ihres Salzgehaltes eingetreten ist, und seither mit jener gleichmäfsig fortbestanden hat. Daraus folgt, dafs die neue chemische Zusammensetzung des Wassers der Ferdinandsquelle als *eine von nun an bleibende* betrachtet und allen weiteren medicinischen Schlufsfolgerungen zu Grunde gelegt werden müsse.

Dabei wird nicht geläugnet, dafs das Wasser des Ferdinandsbrunnens dann und wann *kleinen* Schwankungen unterworfen seyn könne, wie sie allen Mineralquellen mehr oder weniger eigen sind; aber diese haben sich bisher in der Erfahrung, wie gesagt, nur als höchst geringfügige herausgestellt.